

Digitized by the Internet Archive
in 2022 with funding from
University of Toronto

<https://archive.org/details/31761115516544>

he
Canadian
Computer/Communications
Task Force

Background
Papers

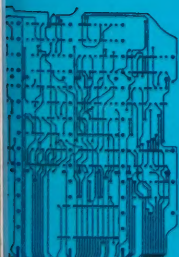
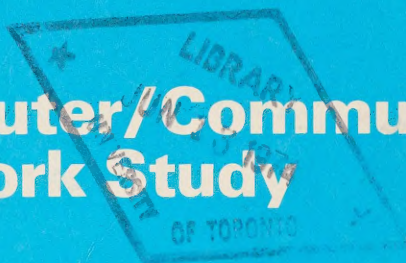
A1
O 800
1970C060
1970C061
1970C062
1970C063

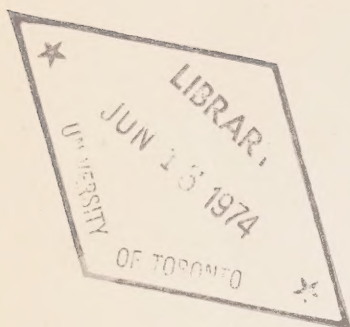
11 Local Facility Study

12 Computer/Communications Network Study

13 Standards

14 Technological Review of Computer/Communications





© Crown Copyrights reserved
Available by mail from Information Canada, Ottawa, K1A 0S9
and at the following Information Canada bookshops:

HALIFAX
1683 Barrington Street

MONTREAL
640 St. Catherine Street West

OTTAWA
171 Slater Street

TORONTO
221 Yonge Street

WINNIPEG
393 Portage Avenue

VANCOUVER
800 Granville Street

or through your bookseller

Price: \$3.25

Catalogue No. Co22-5/6-11/14

Price subject to change without notice

Information Canada
Ottawa, 1974

Canada. Task Force on Canadian Computer/
Communications.

Background papers

Government
Publications

CAI CØ 61

-74 P11

to

-74 P14

These Background Papers were prepared for the Canadian Computer/Communications Task Force. They do not necessarily represent the views of the Department of Communications or the Government of Canada, and no commitment for future action should be inferred.

(2)

*Cover design, figures and tables conceived
by Gilles Robert + associés, inc.
Editors: Pamela Fry and Fernand Doré*

**Background Papers to *Branching Out*, the Report of the Canadian Computer/
Communications Task Force**

Already Published

Volume 1

- 1 The Canadian Computer Supply
Industry Study**
by George R. Forsyth and Brian Owen

Volume 2

- 2 Peel County Pilot Education
System**
by Lyman Richardson
- 3 Computer/Communications
Activities at Canadian Universities**
by the CCC/TF

Volume 3

- 4 CATV Technology for Citizen
Feedback to Government**
by Jean-Michel Guité

Volume 4

- 5 Canadian Policy Options
in Computer/Communications**
by A. J. Lipinski and H. M. Lipinski
- 6 Working Paper on Strategic
Options**
by the Hayward Computer
Corporation Ltd.

Volume 5

- 7 Canadian Datasystems' Survey**
by Maclean-Hunter Research Bureau

- 8 A Canadian Computer Industry
Survey and Analysis**
by F. T. White
- 9 The Use of Electronic Data
Processing by Canadian Business**
by the Chamber of Commerce and
the CCC/TF
- 10 Oil Industry Use of Computer/
Communications in Calgary**
by Canuck Survey Systems Ltd.

Volume 6

- 11 Local Facility Study**
by J. Worrall
- 12 Computer/Communications
Network Study**
by O. Riml
- 13 Standards**
by the CCC/TF
- 14 Technological Review of
Computer/Communications**
by the CCC/TF

To Be Published

Volume 7

- 15 Computers and Communications
in the Canadian Business
Community**
by the CCC/TF
- 16 Data Communications Survey**
by the CCC/TF

**Background
Papers**

11

**The
Canadian
Computer/Communications
Task Force**

**Background
Papers**

11

Local Facility Study

Prepared by:

J. Worrall
Consultant Research
Bell Canada
Ottawa, Ontario

June, 1972

Table of Contents

Introduction	1			Appendix	11
		Users' Terminal Requirements	2		
		The General Computer/ Communications Network	2		
		Local Facility Instrumentalities	3		
		Summary	7		
		Instrumentality Costs — Associated Notes	8		

Introduction

The objective of this study is to identify and evaluate the various methods of extending digital communications to and from terminating equipment at the users' locations in Canada to the point of interconnection with a general computer/communications network.

Study Outline: The local distribution network provides the communications link between the user's equipment and the peripheral node of a general computer/communications network. The distance between user's and peripheral nodes will reflect the optimization of the total system, but distances of up to 500 miles may be expected. The following study examines the users' requirements and the conditions at the peripheral node of the general computer/communications network in order to establish the parameters that the local distribution network must meet. The various instrumentalities that will meet these parameters are then identified and their characteristics outlined to indicate their respective merits in meeting the varied circumstances and environments which may be encountered in the Canadian situation.

Local Facility Study

1. Users' Terminal Requirements

The range of speeds at which existing computer terminal devices operate is in the region of 100 b/s to 50 kb/s, with the majority operating below 2.4 kb/s. Future requirements are uncertain in degree, but increasing volumes and speeds can be considered a likely requirement. Speeds as high as 50 Mb/s are required to handle colour television signals and it is possible that a future general computer/communications system will need to accommodate this. For completeness then, requirements for speeds up to 50 Mb/s will be considered, but emphasis will be placed on below 50 kb/s requirements which are expected to generate the greatest need within the next decade.

In addition to the users' speed requirements other terminal characteristics which affect the selection of a suitable local communications medium are:

- Distance from peripheral node
- Need for bi-directional operation
- Need for security
- Need for synchronization
- Need for rapid response time
- Traffic volume and time distribution
- Length of messages or transactions

The last three are of concern where shared usage of the same local distribution medium is envisaged.

2. The General Computer/Communications Network

The nature of the general computer/communications network that will evolve is currently not known and the alternatives available are many. However, in examining the function of a peripheral node on any communications network, it is possible to identify the likely effect that its characteristics will have on the local distribution network.

By definition, the peripheral node is the first interconnection point at which the various network users have the capability of interacting. In order to determine how the user's information is to be acted upon, the node has to record and examine at least some part of the originating user's message in the form that it was dispatched.

In general then, the local network must be capable of reproducing the user's

signal at the peripheral node in its original format. Possible exceptions to this occur when separate signalling channels are employed and where, at the same time, it may be desirable to switch and distribute a signal in a coded format and translate back to its original form at the destination location. The need for this type of arrangement appears limited, and in general it will be assumed that the peripheral node will require the user's signal to appear there with the same characteristics that it exhibits at the user's terminal. When the architecture of a proposed computer/communications network, or networks, has been determined it will be necessary to review this assumption for validity and modify the local distribution network considerations if appropriate.

3. Local Facility Instrumentalities

The local distribution network must be capable of accepting a signal at the input interface and reproducing it at the output interface within a prescribed time-frame. By this definition the signal becomes any digital bit rate up to 50 Mb/s and the interfaces become the user's equipment and the peripheral node of the general computer/communications network, in any sequence.

The intermediate transmission process may be accomplished by simple conditioning of the media to maintain as closely as possible the original input signal state throughout. Alternatively, it could include any or all of the various methods of conversion such as regeneration, digital/analogue, analogue/digital, time-division multiplexing, frequency-division multiplexing, as well as store-and-forward features. Similarly, the transmission media could include anything from a simple pair of wires, through coaxial cable and microwave radio carrier systems to sub-optical and optical systems.

If the initial premise is accepted and criteria are established with respect to the faithfulness and transit time of the signal transmitted, then the distance, signal rate, traffic volume, directionality and security required by a specific user will dictate the feasible instrumentality options. In developing a specific design, the most economic method of handling this requirement would then be determined by considering these options in relation to both the individual user's and other users' specific current and expected future needs. A more

Local Facility Study

general approach to this is required in order to develop a meaningful overall view.

In reviewing the many variations that may be expected in the several parameters involved, it is appropriate to effect some simplification of variables in order to focus attention on the more significant considerations. Accordingly, it is proposed to consider bi-directional transmission, synchronization, and a rapid response time to be the general requirements, and the alternatives to be exceptional cases. Similarly, it is not considered necessary to compound the analysis of each instrumentality with assessments of the security that it affords. Improved security can generally be obtained from non-radiating versus radiating media and from multiplexed versus non-multiplexed systems, but all can be supplemented by the provision of additional security devices as the needs dictate. Faithful reproduction of the input signal can also be considered separately, since all instrumentalities considered may be engineered to meet whatever practical standards are established.

The remaining criteria may significantly affect the choice of instrumentality to meet a particular need. These criteria are signal rate, traffic volume and the distance between the interfaces. In examining the possible users' requirements it was determined that signal rates could be up to 50 Mb/s and that distances and volumes were really not known. It is therefore proposed to review the various instrumentalities which are capable of transmitting digital signals at various bit rates up to 50 Mb/s and over distances of up to 500 miles. The Appendix provides a general outline of the various systems which fit this category. The several configurations shown may be applied singly or serially as required. All the instrumentalities are currently available, or will be available within four years with the exception, perhaps, of some very high capacity regenerative microwave systems and some of the high-speed regenerative line access units. However, the existing state of the art has the capability to produce these devices and may be expected to do so if there is sufficient need. In addition to the functional units shown, interface devices will generally be required at the terminal locations to provide the standard data equipment/communications system interface conditions.

Since, with multiplexing devices, the bit rate and volume are interrelated, the

maximum bit rate within each system is shown and this can then be equated to a multiple of lower bit rates, as required. Similarly, any required traffic volumes may be accommodated by multiplying the number of transmission systems provided. Frequently there are economies of scale involved and where these are significant and are generally obtainable in combination with other requirements for whatever purpose, this is identified (asterisked) — examples of this are shared use of multiple-capacity cable, cable carrier and microwave carrier structures.

The other important characteristic of any instrumentality is its cost (costs will be considered in terms of annual charges, since they are more indicative of the overall financial burden than first costs). Given any particular instrumentality, it will be subject to a range of annual charges dependent upon the particular environment encountered, in terms of both geography and getting started, versus incremental provisioning. This may be further compounded by variations in the provisioning and maintenance capabilities of the various organizations which may be involved. In any proposed Canadian network, extreme situations in each environmental condition may well be encountered. More meaningful information may then result from establishing some general cost perspective between the respective instrumentalities involved and then identifying the more common variations in environment which are likely to distort the cost perspective between instrumentalities. Section 5 and Figures 11 and 12 in the Appendix provide information on the general relationship between annual charges per unit of bit rate in relation to distance and capacity for the several transmission system types involved.

In interpreting the capability and cost information provided in Section 5 and the Appendix, the relative merits of the various instrumentalities for moving different volumes of various bit rates over various distances may be assessed in general terms. However, as discussed previously, some environmental conditions will distort this perspective significantly and not infrequently. The following outlines some of the more sensitive conditions which must be considered in order to meet any specific requirement in an optimum manner.

The cost of carrying a circuit unit (4.8 kb/s data, voice circuit or whatever) over any transmission medium is inversely related to the volume of units being

Local Facility Study

carried by that same medium. This is particularly true at the lower end of the volume scale where specific provisioning for a unique low volume requirement will almost certainly be considerably more costly than incrementally adding it to other existing requirements or combining it with other new requirements. All options for the combining of requirements should therefore be considered.

Allied to this first consideration is the recognition of the growth-rate situation expected to evolve. Everything else being equal, systems with low getting-started costs will generally be more advantageous for low growth-rate situations and *vice versa*.

The terrain to be traversed will influence the cost of the various instrumentalities. The cost of placing physical cable facilities in unfavourable terrain between cities may be high in some instances. This can be significant even between locations as close as thirty miles, where the change in terrain from sand to rock may double costs. Cable system provisioning within Canadian cities does not seem to present any real problems. However, radiating systems may incur higher costs in metropolitan areas due to path-blockage situations.

The availability of frequency allocations for radiating systems will differ between environments and, where this inhibits the optimum development of a structure, it will have some adverse cost effects.

Specific reliability needs will also have an effect on costs, particularly with radiating systems where path lengths and the provision of protection channels are subject to trade-offs with respect to costs. Also related to this is the need to reduce the path lengths of radiating systems above 10 GHz in environments subject to heavy rain, snow or fog.

The need for asymmetric transmission also has to be considered. The optimum transmission facility may not be the same in both directions and the objective will generally be to optimize the whole system.

Not directly related to costs, but of some value, is the survivability benefit obtained from the diversity of circuitry and instrumentalities. Where the volume

of requirements is sufficiently large, both space and instrumentality diversity may be obtained relatively inexpensively. This provides for greater protection against catastrophic failures that may occur in any one environment or instrumentality.

4. Summary

Each of the instrumentalities identified may expect to have some economic advantage in meeting a particular combination of bit speed, volume, distance and environmental conditions. The one factor which has the most marked and universally applicable effect on the cost of providing transmission facilities relates to the degree to which the volume of usage of the facility can be increased. Transmission facilities are more economic in volume, and the more usage that can be applied to a particular structure, the lower the cost of each circuit unit carried.

Instrumentalities have been identified which may be expected to cover the whole range of bit speed, volume and distance requirements and, as indicated, there may be some specific need for each. However, it is reasonable to assume that the most common requirement will likely be for bit rates below 50 kb/s at distances of less than ten miles with still some doubt with respect to the likely volumes in each transmission route cross-section. Even under these more specific conditions, paired cable, coaxial cable, microwave and optical systems may all be feasible. However, paired cable systems are expected to be more economic in meeting the majority of requirements.

The advantage of coaxial cable distribution systems lies in their high capacity and for point-to-point requirements above 6.3 Mb/s they may well prove in over microwave and optical systems. The establishment of a high-capacity multipoint distribution system on coaxial cable is worthy of consideration where individual requirements above 6.3 Mb/s are to be met. Multipoint use of coaxial cable systems providing users with wide flexibility in bit rate and volume usage will be dependent on future reductions in control hardware and software costs. In the interim, paired cable systems appear generally more economic for the majority of requirements below 6.3 Mb/s.

Local Facility Study

Radiating systems will undoubtedly have a role to play in moving high-traffic volumes. Short-distance, high-volume requirements will, in some environments, be most economically met with optical systems. Microwave systems will most certainly fill a need for longer-haul, high-capacity systems.

Further generalization would serve no useful purpose, since it would tend to obscure the importance of reviewing the capabilities of all available instrumentalities to meet each specific situation and provide system-wide optimization. The one universally applicable guide is that the combination of requirements to develop volume traffic leads to more economic and survivable circuit provisioning and should be considered wherever feasible.

5. Instrumentality Costs – Associated Notes

Multiplexing costs have not been identified because of the very wide ranges which apply for various configurations. For very rough approximations, annual charges of \$5,200 per terminal may be reasonable.

Costs have not been developed for Figures 2C and 8 because of the absence of Canadian experience with these systems. However, they may be roughly considered to approximate to Figures 2B and 7 respectively, but providing higher capacities at corresponding reductions in circuit unit costs.

The costs outlined reflect an average of Canadian situations. Although not necessarily typical of the whole Canadian position they do serve to establish the general perspective which applies. Some value may be gained from an appreciation of a number of the variations which can apply and a summary of some of the more significant ones is provided.

The contribution of local cable plant to the costs shown has been obtained by averaging the respective contributions of aerial, buried and ducted cable in the local network plant today, together with a consideration for their respective average capacities. The costs per pair mile will be as much as five times more for a small capacity cable than for a larger one (say eleven pair versus 600 pair).

Local Facility Study

Similarly, in the provisioning of longer-haul circuits, the costs are arrived at on an average basis. The costs per circuit unit may vary by as much as a factor of ten, depending upon whether the circuit unit is provided by incrementally adding to an established cross-section or by a new route configuration.

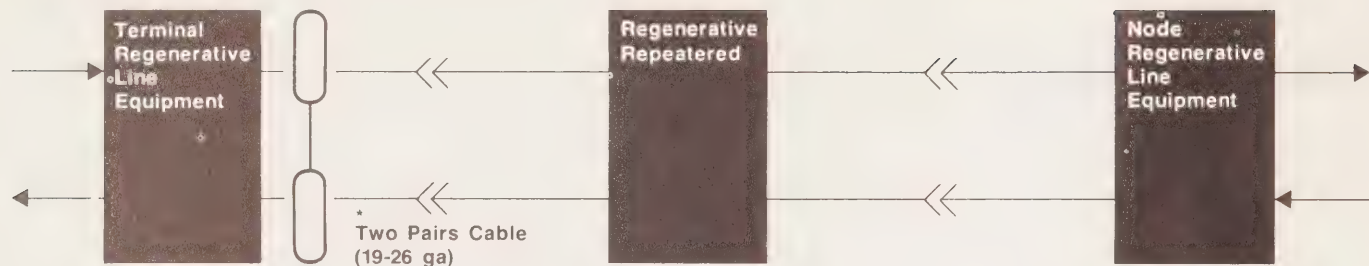
There is also a great deal of significance in the capacities that are provided by the various instrumentalities. For instance, the higher capacity systems reflect a much lower circuit unit per mile cost. However, unless all the available circuit unit capacity is utilized the actual cost per circuit unit in use may be very costly in relation to other alternatives.

Appendix

Instrumentality Configurations

Figure 1

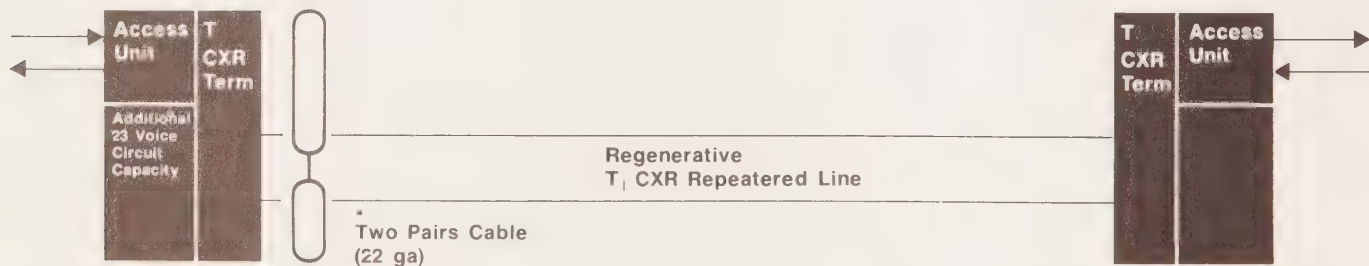
Local Distribution Network — Instrumentalities
Regenerative Transmission Systems, Short Haul — Cable



Speeds: up to 48 kb/s
Distance: 10-15 miles at 4.8 kb/s
Repeater Spacing: approx. 6-mile intervals at 4.8 kb/s

Figure 2A

Medium Haul — Cable



Speeds: up to 48 kb/s
Distance: up to 200 miles
Repeater Spacing: 1.14 miles

* Asterisks denote the potential for significant economies of scale by combining requirements

Figure 2B

Medium Haul — Cable

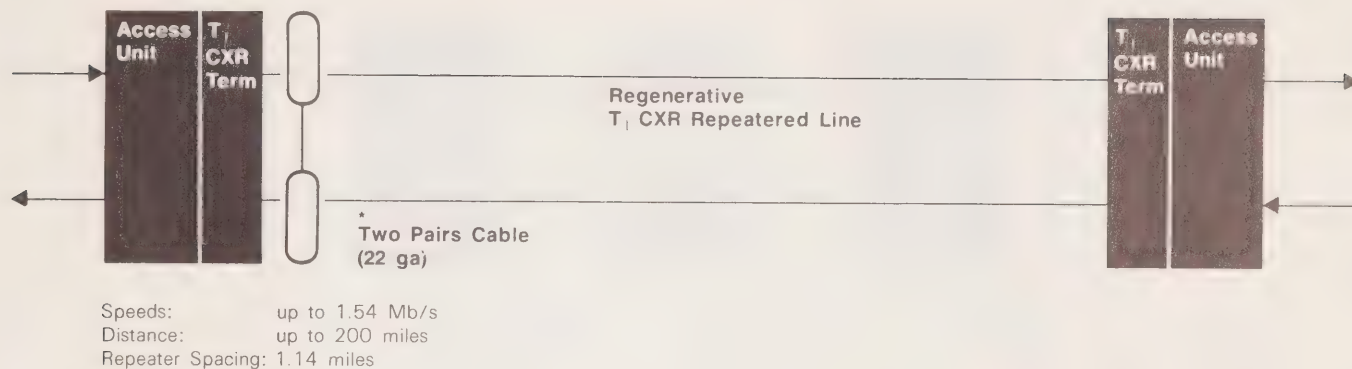
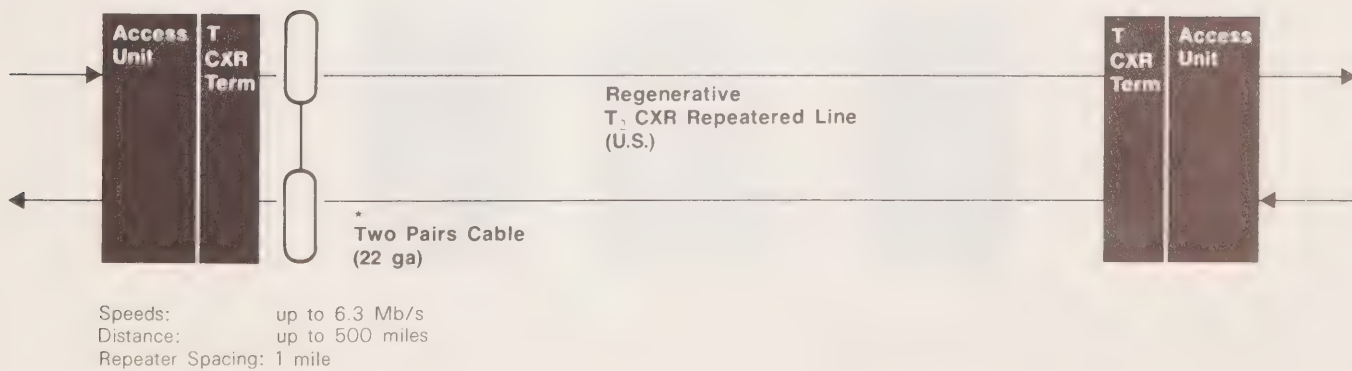


Figure 2C



Asterisks denote the potential for significant economies of scale by combining requirements

Figure 3
Long Haul — Cable

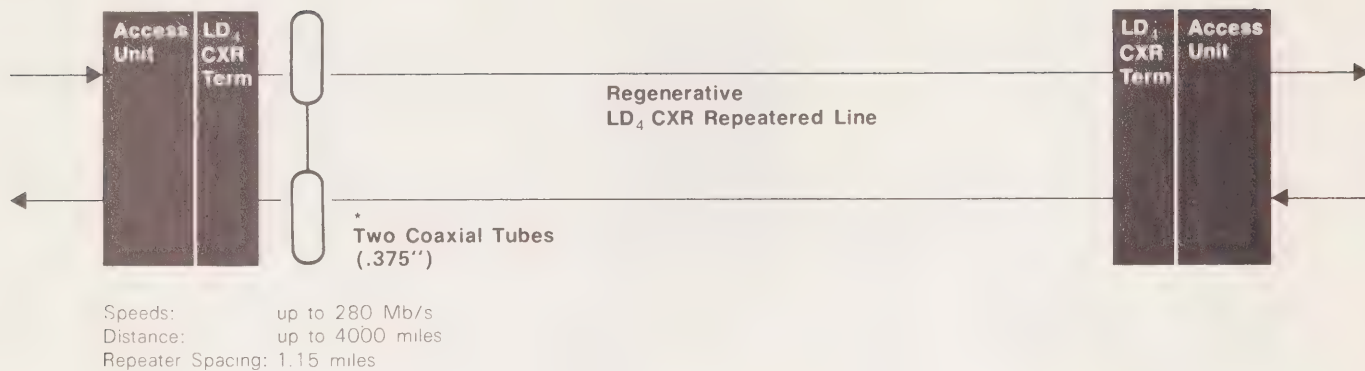
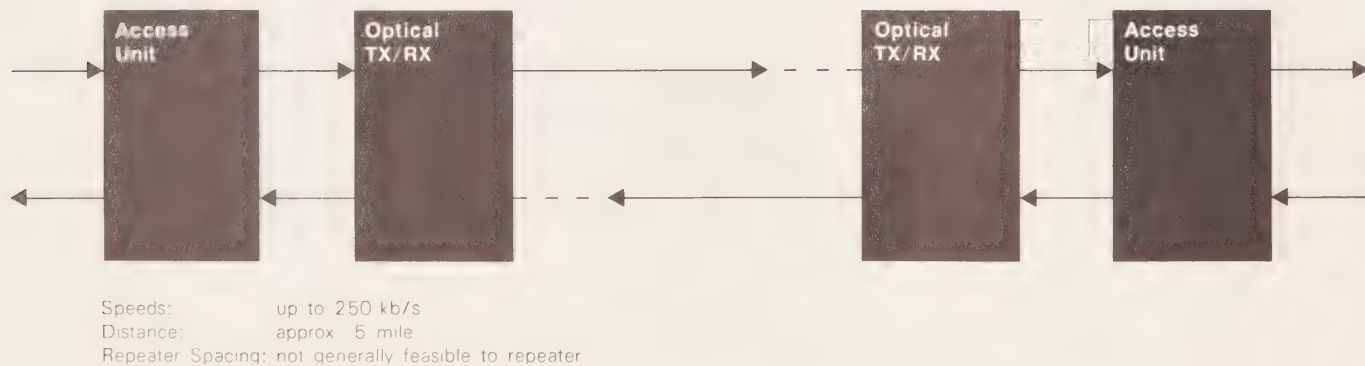


Figure 4
Short Haul — Optical (non-coherent)



* Asterisk denotes the potential for significant economies of scale by combining requirements.

Figure 5

Short-, Medium- and Long-Haul — Radio

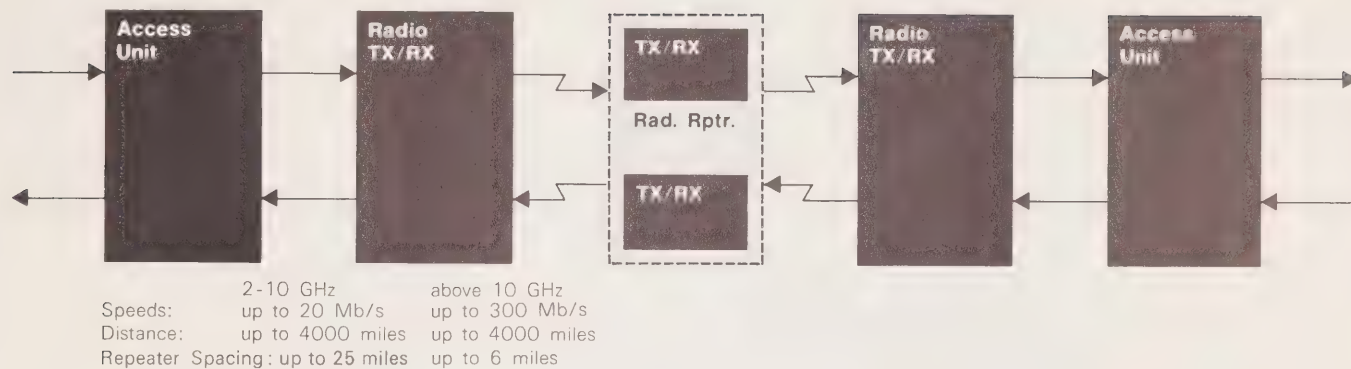
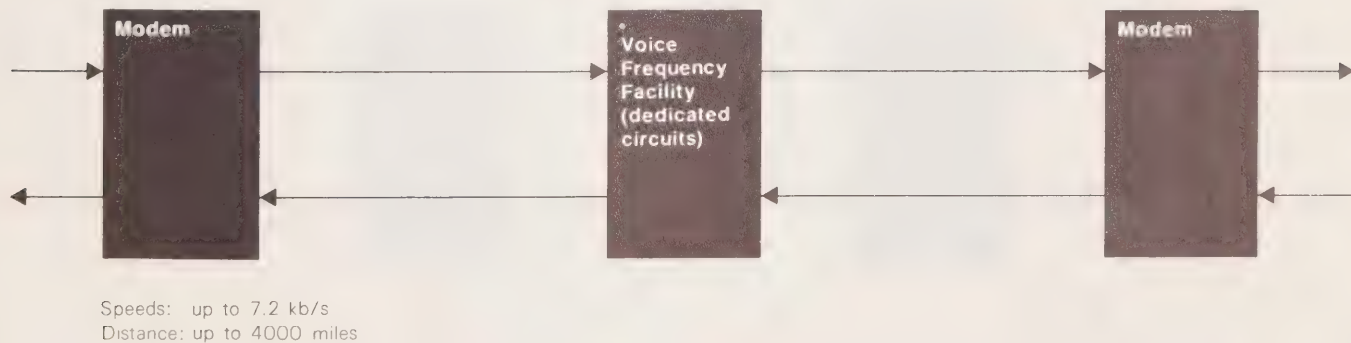


Figure 6

Non-Regenerative Transmission Systems

(regenerative capabilities may be inserted, if required)

Low-Speed Systems



* Asterisk denotes the potential for significant economies of scale by combining requirements.

Figure 7
Medium-Speed Systems

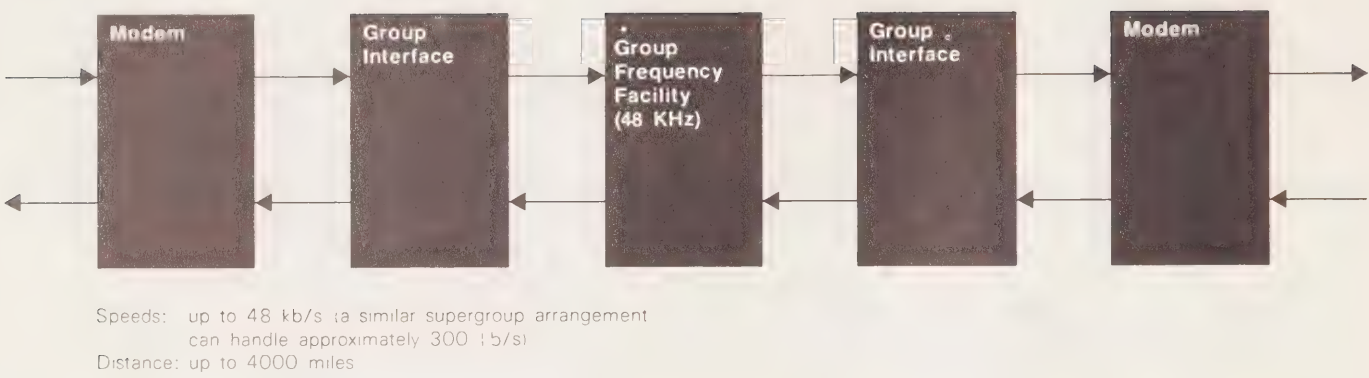
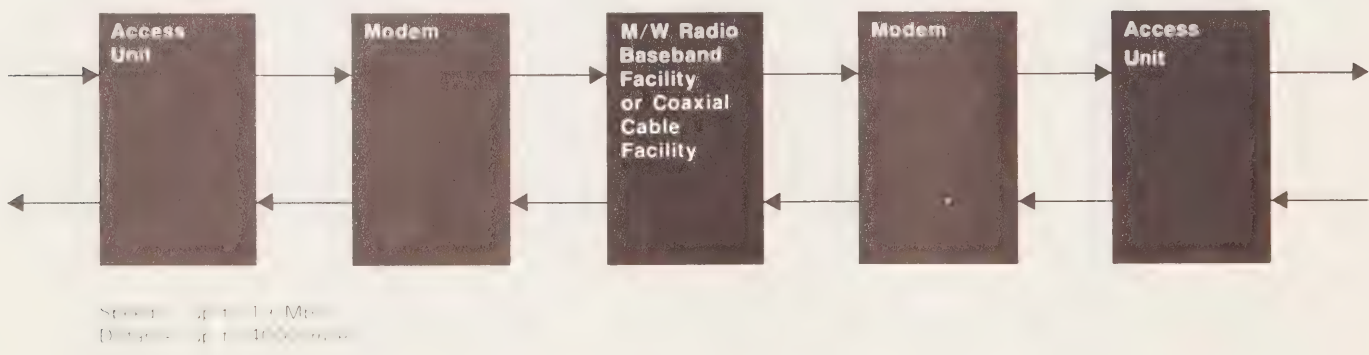


Figure 8
High-Speed Systems



Asterisk denotes the potential for significant economies of scale by combining requirements.

Figure 9
Time-Division Multiplex Systems

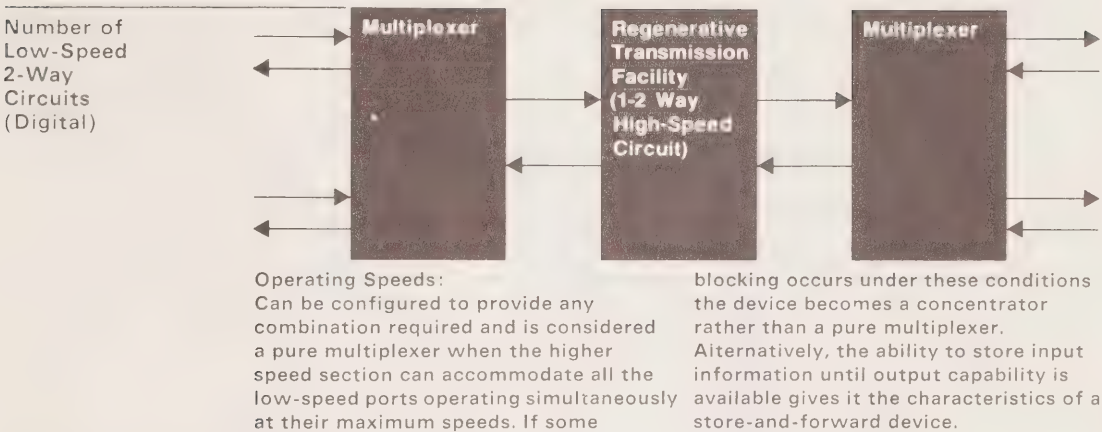


Figure 10
Frequency Division Multiplex Systems

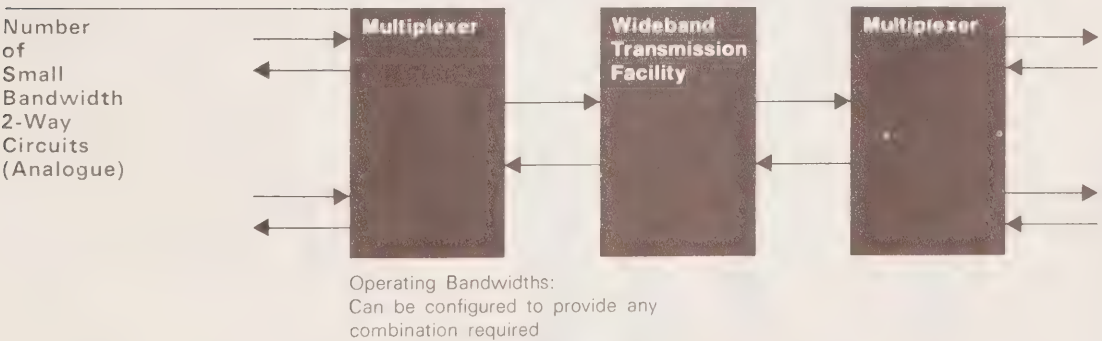


Figure 11
Instrumentality Costs

See Section 5 for
interpretation and
identification of figures

\$/48 kb/s
Annual
Charges

Legend
Configuration Fig #
Capacity of system in 48 kb/s

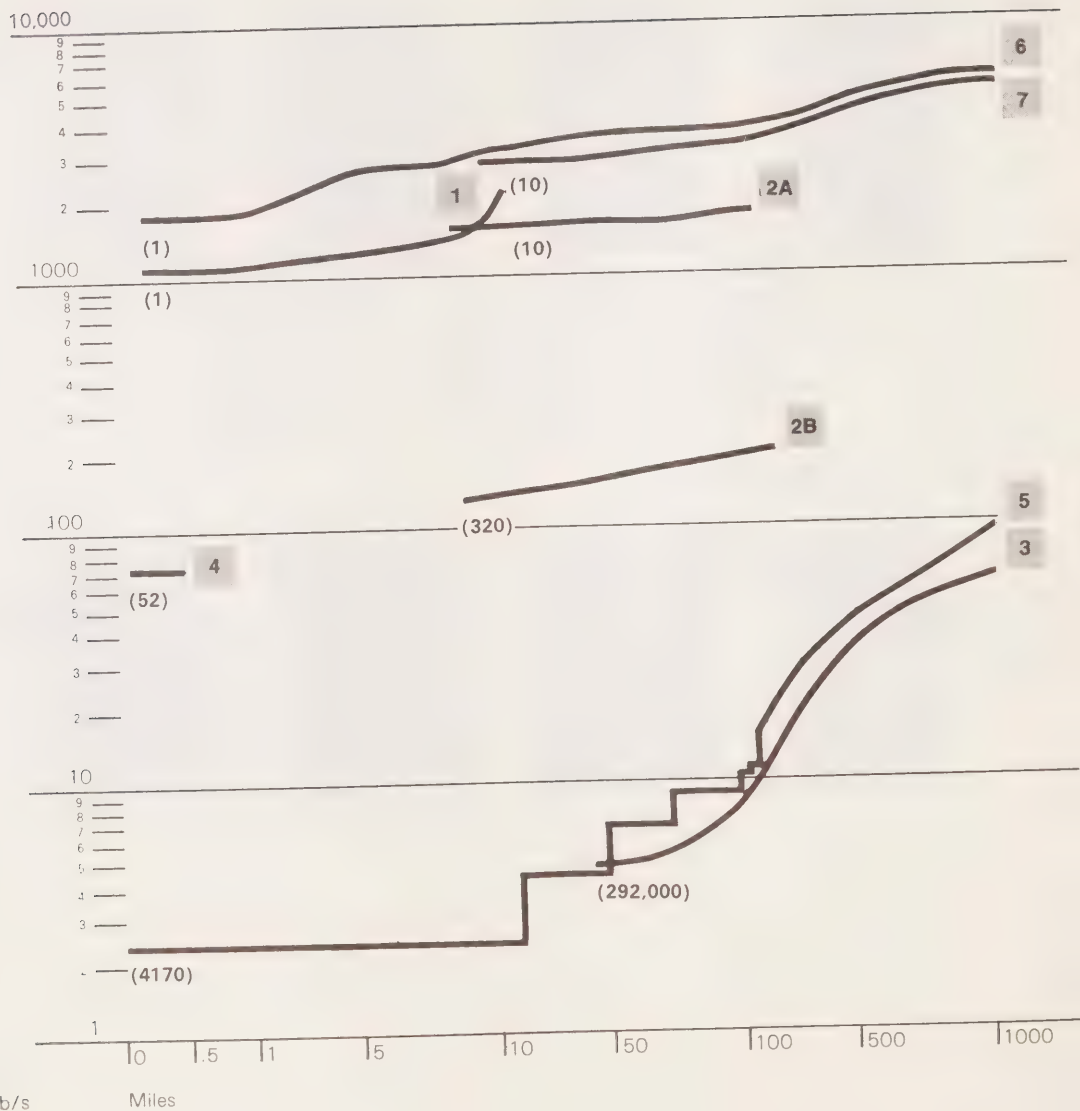
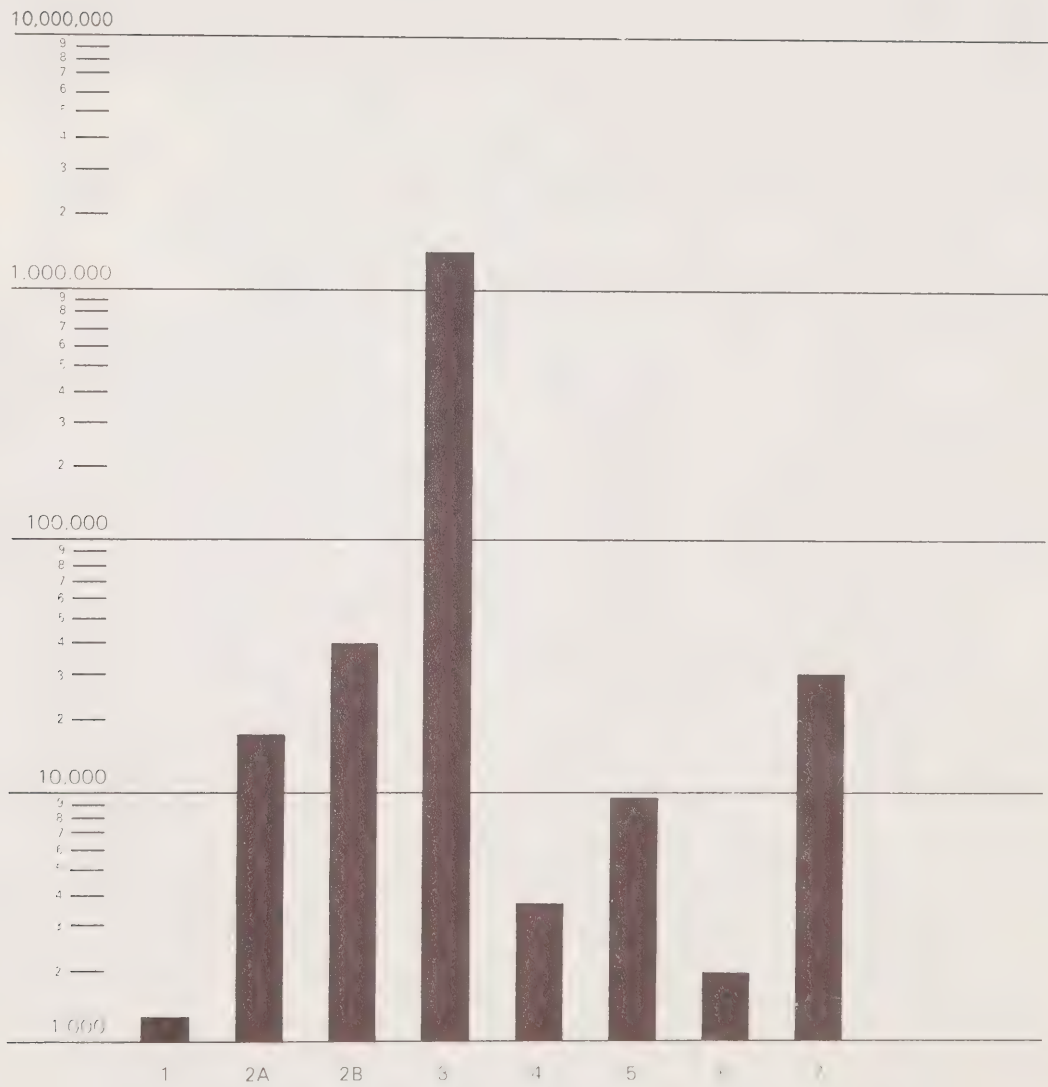


Figure 12
Minimum System Costs

Cost of providing minimum capacity over minimum distance for each system

See Section 5 for interpretation and identification of figures

Annual Charges
Instrumentality Configuration Figures



Background
Papers

12

12

Computer/Communications Network Study

Prepared by:

**Otfried Rimpl
Bell Northern Research
Data Planning
Ottawa, Ontario
June, 1972**

Table of Contents

Introduction 1

1
The (Canadian) Environment for
Computer/Communications 2
2
Communications Network
Considerations 4
3
Existing and Planned Networks 15
4
Constraints and Limitations 18
5
Conclusions 20

Appendix 22
Bibliography 38

Introduction

Data communications in Canada are in their infancy. There are indications, however, that requirements for their services will increase rapidly in the near future.

Among the many problems to be faced in Canada is the choice or choices of the form of the network interconnecting the customers. This report reviews the most commonly used (or proposed) types of network, and compares the merits of each. A proposal is made regarding the form of network best suited to such peculiar constraints existing in Canada as geography, computer/communications needs, traffic growth, and traffic patterns.

The need for compatibility with external networks is considered. In general, precise recommendations are not possible because data network plans are evolving rapidly. The report does include, however, a review of the present plans for networks in North America and in Europe.

For the orderly evolution of an integrated data network, agreement between business machine manufacturers, and their co-operation with the common carriers will be required. This hopefully will establish a uniform communications protocol suitable to the user.

This standardization process, combined with decreasing cost of digital logic and memory components will produce less expensive data communications services and more cost effective and cheaper data terminals. Thus, wider user acceptance is assured.

Computer/Communications Network Study

1. The (Canadian) Environment for Computer/Communications

To give the background for the other parts of this report, this section will attempt to define the external parameters. Since such things as economics, geography, and traffic volume influence the shape of communications networks, an attempt will be made to develop information in this section.

(a) What is Computer/Communications?

For the context of this report, computer/communications has been understood to mean business-machine-to-business-machine communications. The business machine may have stored program control (*i.e.*, a computer) or it may be a hard-wired terminal (*e.g.*, a remote printer, or a keyboard terminal).

(b) Who Needs Computer/Communications?

Before 1960, data communications were mainly between keyboard devices. The 1960's saw a rise in communications between this type of terminal and business data processing systems. The first systems were private in-house systems in universities and large research establishments; lately the public systems, serving a variety of interests, have become more and more important. The shift from the private to public system also brought about the increased use of the voice communications network for data communications.^(2,35)*

Most of the terminal equipment used in these systems was either previously available (*e.g.*, Teletypes) or was an adaptation of the existing equipment to user's communications requirements. The 1970's will probably require user terminal equipment which cannot be satisfactorily driven at low terminal speeds such as thirty characters per second; data terminals like graphic Cathode Ray Tube (CRT) displays need equivalent data burst speeds of 50 kb/s or possibly higher. With decreasing costs of logic components and data storage modules, special-purpose processors are conceivable within the user data terminals.

* Boldface numbers in parentheses refer to items in Bibliography

Computer/Communications Network Study

These tend to reduce the upper bound on line capability requirement *so that most likely the preferred bit transmission speeds will be within the 100 to 10,000 b/s range*. Especially at the upper limit, traffic from any one terminal will be very "bursty" because of the human response time to the information presented by the terminal.

In addition to the low-speed keyboard terminals currently used mainly for time-sharing applications, the business machines and the network will therefore also have to be capable of handling this higher-speed bursty traffic efficiently. Applications which fall into this latter category are defined as "transaction" oriented since each exchange of data bursts between the business machine and a terminal is similar to a business transaction. ^(4,5,34)

The preliminary growth-rates on Canadian data communications, as compiled by the Canadian Computer/Communications Task Force of the Department of Communications, also seem to indicate that the highest growth-rates for data communications are within the above-mentioned areas. Data transfer in medium-speed remote batch applications and other similar services is usually reasonably continuous at rates of 2.4 to 10 kb/s. The growth-rate in this area is less spectacular, mainly because of higher relative unit costs of mechanical devices like printers, etc. associated with such stations. It also is often cheaper and more versatile (for the incremental benefit to cost ratio is very high) to use a small local stand-alone data processor instead of the station controller plus associated facilities and data communications equipment. This obviously has a negative effect on the growth-rate of data communications in the area of remote batch-processing.

(c) Geographical and Other Considerations

Most of Canada's population is concentrated along a fairly narrow corridor of land along the U.S. border. Most trade, transportation, and communications are therefore along an east/west axis with access routes from north and south wherever the need exists.

Because of the trend to cheaper small-scale digital computing equipment, the super-large data processing system stretching its low-speed data

Computer/Communications Network Study

communications tentacles across the land will probably not evolve. Rather the growth pattern for the data communications system will follow these three steps:

- As the data processing penetration increases there will be nodal concentration of low-speed traffic through multiplexing — concentrating techniques.
- Load increases at specific nodes will then cause a swing to more efficient software concentration or paralleled multiplexing arrangements.

In particular, the growth of distributed data bases will force the development of software-controlled nodal processors which do most of the local data base management falling back on the main processor only occasionally (as, *e.g.*, when

there is a need for vast amounts of data processing).

- Finally, the small nodal processor will be replaced by a full-size main processor able to handle much greater traffic volumes while retaining the capability for shared data base management.

At present, few standards on computer services exist; hence initially the communications network may become a collection of sub-networks in the various stages of evolution outlined above. Standardization of external and internal software characteristics, software communications procedures, data-base formats, etc. will permit development of a single homogeneous network. Thus with an increase in the number of users a Canadian data communications network could emerge by the late 1970's similar to the voice network. As with the present voice network, the major costs of the data network will be in the local distribution and switching functions.

Forecasts of expected growth suggest that by 1980, between 3 and 5 percent of the total communications network terminals in Canada will be used for data communications. A similar forecast for the United Kingdom indicates that in 1983 the data transmission requirement (on a bits/second basis) will be about 5 percent of the voice transmission need.

2. Communications Network Considerations

This section deals with the network elements as they are currently available, or planned for the future. Emphasis is placed on those elements which have significant bearing on data communications.

(a) Topology

Communications networks in their simplest form are either of the star or the ring type. The present-day communications plant layout is of the star type, with dedicated wire facilities between the subscriber (*e.g.*, telephone) and the serving communications centre (*e.g.*, central office). The main advantages of this layout are its reliability (a break in any one loop affects only a single subscriber) and the concentration of the more complex equipment (*e.g.*, voice switcher) at the node (see Appendix, Figure 5a).

In the ring type of network,^(8,9,10,33) the switching or multiplexing of all users on the ring is of the distributed form. Each user has sufficient logic associated with his terminal equipment to extract information destined for him, from the common bus. Obviously, logic or power failure at a user terminal, or a break in the ring, can have serious effects on all other users of this ring. Because of the higher complexity, the user terminals in the ring structure presumably also have higher associated maintenance costs (or they must be of higher reliability and thus higher initial cost) than a terminal in the star structure (see Appendix, Figure 5b).

In the case of the star used in modern communications, most transmission circuits are usually laid out with both directions of transmission on the same route, *e.g.*, under the same cable sheath. The ring type of topology would have propagated probably an unidirectional mode for transmission between nodes.

At the higher levels of the voice communications network, where carrier systems are normally used for transmission between nodes, the fundamental star structure is maintained, but with modifications.

Interconnections are permitted between nodes at the same level or, between different levels in the network according to certain algorithms or rules. The star configuration therefore becomes partially converted to a third functional type of configuration called the distributed network (or interconnected grid) (see Appendix, Figure 5c).⁽¹⁸⁾

Computer/Communications Network Study

These cross-connection links prevent failure or congestion at nodes and provide for alternative routing of traffic. By choice of the appropriate algorithm, the introduction of cross-links according to this algorithm, the general network or appropriate sub-networks (such as private networks) may be configured to cater to almost any need. Sub-networks are usually operated in an optimal mode when all links are designed to the same standard of performance.

Hardware implementation of the nodes adds a further dimension to the configuration of the network. This aspect will be discussed later.

(b) Transmission

The baseband signals and the facilities over which they are transmitted can both be classified either continuously variable (*i.e.*, analogue) or finite n-state (*i.e.*, digital). If the baseband signal is classified differently from the transmission facility, then the signal must be encoded. The Pulse Coded Modulation (PCM) encoder, for example, encodes an analogue signal, converting it to a digital format. The usual data modem encodes a digital baseband signal (usually two-state or binary) into an analogue form.

When the distance to be traversed by the signals becomes appreciable it becomes more economic to multiplex a number of baseband signals onto one carrier facility usually by frequency-division or by time-division techniques.

Most multiplex transmission systems used today are of the analogue type. This comes about for two historic reasons. First, the signals to be transmitted were mostly analogue (*i.e.*, voice). Second, up to recent times digital technology was more expensive. However, with the advent of large-scale integration of non-linear semiconductor switching devices, digital technology became a viable entity. Digital techniques promise cheaper and more reliable transmission of data. Savings appear to be possible for both voice and data by integrating the multiplex and switching capabilities into a common digital processor.

Figure 1 shows the digital hierarchy proposed by the Bell System. The

Computer/Communications Network Study

transmission rate of 1.544 Mb/s at the lowest level of interconnection (*i.e.*, DSX-1) has been accepted as a standard within North America. The second level (DSX-2) has been accepted in the United States but has not been adopted in Canada. The higher levels (DSX-3 and DSX-4) are currently being discussed.

Also shown in Figure 1 are the various types of services which the digital systems are planned to support and the manner in which they are fitted into the digital scheme.

Digital channel availability in Canada is currently restricted to the T1 PCM type facility. However, other facilities are planned or are at the prototype stage. These will become available in the 1973/75 time frame. A coaxial cable facility at the DSX-4 level is under development (Northern Electric Company Ltd.'s LD-4 Facility). Digital radio terminals operating at 20 and 30 Mb/s are also available (*e.g.*, Collins and Marconi terminals) but have not yet been approved for licensing. Exploratory work is also underway at Bell/Northern Research to investigate the capacity and propagation characteristics of digital systems operating at frequencies higher than 10 GHz.

At the present time, data is transmitted over digital facilities of the T1 type only. The following transmission modes are used:

- (i) By use of an analogue voice band data modem, digital data are first transformed into an analogue signal which is then sampled and transmitted over the ordinary message channel bank (this can be used for data rates up to 4800 b/s). The ratio of data bits to bits transmitted over the T1 facility equivalent voice channel (or the "bit efficiency") is therefore in the order of 8 percent.
- (ii) The digital signal is sampled directly at a high rate, before transmission. To limit distortion, each bit is sampled at least ten times. An example of this is the Philips/Lynch B310/B317 PCM channel bank which has a maximum data rate capacity of 800 b/s per data channel, with seven of these data channels per equivalent voice channel. The "bit efficiency" for this type of process is in the order of 9 percent.
- (iii) The digital signal is encoded. Each data bit is encoded into three to five line bits, to eliminate the need for absolute timing throughout the system. Encoding is more efficient, but considerably more expensive than sampling. "Bit efficiency" for this encoding is in the order of 30 percent.

Computer/Communications Network Study

Neither of these three transmission modes makes use of the full bit transmission capacity of the facility. Obviously, maximum use of the facility would occur, if each data bit could be encoded into a single bit on the digital transmission facility (T1 line). We can, therefore, postulate a further option for the transmission of data over digital transmission lines:

- (iv) If each data bit corresponds to a single bit on the digital facility, then timing information for the data bit stream has to be implicit, or in other words, the whole system has to be synchronous, since there exists no capability to encode data stream timing information onto the digital facility.

In terms of an equivalent voice channel in a PCM system this means that seven bits out of each eight-bit PCM word, 8000 times per second, are used for data. This gives an aggregate line rate of 56 kb/s. The “bit efficiency” as defined above is now in the order of 85 percent. In this data environment the eighth bit in the PCM word is used for supervision internal to the transmission system. Lower data rates (*e.g.*, 2.4, 4.8, or 9.6 kb/s), which are more common in today’s environment, can be accommodated by use of a synchronous sub-multiplexer. Thus, for example, a single equivalent voice channel would be able to carry twenty channels at 2.4 kb/s instead of one at present in the analogue environment. Since this sub-multiplexer requires some bit capacity for housekeeping, “bit efficiency” in this instance drops to 75 percent.

Synchronism between the digital lines will also be required if data is transmitted in this mode over a number of these digital links in tandem. As this is the case in a general environment, the whole digital network must then be a synchronous one.

(c) Switching

Switching is generally required at a network node. Today this function is accomplished through a space-division switch. All channels are normally switched at an analogue baseband level, and the same channel is used for both internode communication signalling and information flow.

At present, connection times on the voice switched-network can be up to thirty seconds. This should be improved, especially when one considers the use of the switched-network for data. Maximum end-to-end connection times in the order of three seconds are aimed at for the voice network. One technique to accomplish this is to separate the internode switching control and supervisory signals from the information channels and place them on a common channel. This mode of operation is normally referred to as CCIS (Common Channel Interoffice Signalling); CCITT No. 6 signalling is a special example of CCIS. Unfortunately, however, switching machines with this capability will not be available until 1975.

One of the main disadvantages of the telephone switched-network from the standpoint of data, is the inefficient use of the channel where the actual data load is light, but the connection is held for long periods. This aspect can be overcome by using a store-and-forward type of switching at the nodal points. A large number of logical channels are derived from a smaller number of real channels. Channel blocking is resolved by storing the digital information until a channel becomes available. This mode of switching assumes that a variable time delay can be tolerated. It should be noted that blocking in the switching system can still occur because of a lack of storage space. This only occurs when the outgoing channels cannot absorb all the information which the switch receives from its incoming channels. For a properly designed switch this is a phenomenon which is extremely rare, and it occurs usually only when outgoing channels are blocked (for reasons such as channel failure).

A store-and-forward switch may operate in either of two ways. The total message may be stored-and-forwarded or the message may be broken down into discrete fixed length packets with packet switching. In the latter case, the information is both time and space limited; the switch passes the message segment at the expiry of a short time interval (stuffing the unused spaces) or when the pre-assigned storage space is full. The total-message switch, on the other hand, is only space-limited.

As indicated earlier, the digital multiplexing of channels leads to hardware development programs in the direction of the fully integrated digital switch. In an analogue voice environment, this unit is expected to do A/D and D/A

Computer/Communications Network Study

conversion for each channel, signal extraction, and multiplexing of channels to the T1 level, as well as switching.

In a digital environment, digital switching will switch equivalent digitized voice channels without A/D or D/A conversion. Hence, such systems will be very well suited to digital data circuit switching.

These digital switches will be interconnected through digital transmission facilities and will operate under CCIS. Although exploratory development of these machines is currently taking place, they will not become operational before 1975, and will probably not be in service in significant numbers before 1980.

(d) Distribution

Present local distribution plant is reliable and relatively inexpensive on a per-unit basis. From an overall communications system point of view, the highest percentage of investment is in this area. A variety of other schemes, such as rings, are therefore under study to set up a cheaper and more versatile distribution system which would also easily cater to such wideband signals which visual services, for example, require. The present wire-pair plant has sufficient capability to support data services up to the 20 to 50 kb/s range, and if care is taken in the engineering of the service, much higher rates can be accommodated at higher cost. No conclusions in these studies on alternate forms of the distribution plant have been reached, and effects of any changes from the present mode of distribution will not be widely felt before at least 1980.

e) Data Transmission Considerations

Modems are currently used to transform the digital data signal from a data terminal into analogue form suitable for transmission over the analogue voice communications network. At the receiving end, conversion from the analogue signal to the digital signal is again made by the modem.

The most significant impairments to voice-grade transmission channels are

known and they are used to specify the quality of the voice-grade transmission channel:

- Attenuation distortion (amplitude characteristic)
- Envelope delay distortion
- Signal-to-noise ratio
- Impulse noise.

Network design, maintenance, and tariff among others are all based on these specifications. However, other parameters, which on existing equipment are normally insignificant for voice transmission, and are therefore not incorporated in the voice channel specification, may have significant influence on data transmission. Some of the major ones are:

- Phase jitter
- Time variations in the impulse response
- Phase hits (abrupt changes in phase)
- Non-linear distortion
- Impulse noise
- Carrier frequency error.

Although a specification for impulse noise exists, it is somewhat incomplete in that nothing is stated about the relationship between impulse energy and the duration of the pulses. Also, no commonly agreed upon method of introducing specified impulse noise parameters into a channel model exists. For these reasons it has also been included in this second set of parameters.

Most of the latter impairments are due to equipment of older design; specifically, phase jitter, phase hits and impulse noise are very much lower in equipment designed and built since 1965. However, replacement of equipment in the field from the pre-data transmission period will require time and capital.

Because of the large number of channels in the network and the statistical nature of these channels, performance specifications are normally expressed in terms of a statistical distribution. There exists an intimate relationship between all of these channel impairments and modem performance parameters, such as modem speed, error rate, and price. Any modem design is therefore a compromise, to minimize the influence of impairments. (For this reason, the

Computer/Communications Network Study

common carriers specify such things as error performance only on common-carrier supplied modems.) The preferred modulation method in relation to data rate and other parameters is shown in Table 1.

North American Bell System standards and/or CCITT recommendations exist for modems with data rates up to 2400 b/s such that modems of different manufacturers can interwork. Above 2400 b/s standardization has not yet occurred and modem users may run the risk of having non-compatible modems at both ends of a data circuit in a switched-network environment. This can be a severe problem to both common carriers and users.

In contrast to the above prices, the four-wire digital subscriber loop, where the digital data signal is transmitted as a baseband signal, can accommodate rates up to 10,000 b/s at a projected price of \$1,000 to \$1,500. The digital loop must work into a fully digital network to be fully cost effective. If loop lengths are greater than four to six miles then digital repeaters must be used.

(f) Error Measurements on Present Networks

As the effect of impairments on digital data is quite different than on voice channels, several telephone and telegraph administrations have made measurements to evaluate error performance on their networks. Results of tests on the Telex network have been documented in the Bibliography ^(35,67,68) and the most probable error rate is one in 10^5 bits (or equivalently five in 10^5 characters using CCITT No. 2 alphabet).

For error rates on the public telephone network the results indicated below were obtained by several administrations based on measurements procedures as close as possible to the CCITT guide-lines₍₁₇₎. Results are summarized in Table 2.

Table 1

Data Transmission on Voice-Band Analogue Channels

Data Rate b/s	Mode	Modulation Method	Use	Ease	Approximate Market Price (U.S.) \$	Comments
1200	2-wire	frequency shift keyed	switched network	easy	\$ 440— 1,200	full duplex to 300 b/s half-duplex to 1200 b/s
2400	2-wire	phase shift keyed	switched network	easy	\$2,500	4-level, half-duplex (or full duplex or 4-wire private line)
4800	4-wire	PSK or VSB-AM	private line	generally workable	\$ 6,500— 10,000	4–8 level with adaptive equalizer
9600	4-wire	VSB-AM or PSK	private line	some difficulty	\$10,000— 15,000	8–16 level with adaptive equalizer

Table 2
Summary of Error Performance

Source	Rate kb/s	Bit Errors	Block Length Bits	Block Errors	Circuit Length	Remarks	Reference
U.S. Military	4.8 9.6	$1 * 10^{-5}$ $1 *,10^{-5}$			1000 to 5300 miles	Private line, some links troposcatter	31
Bell System	0.3 1.2 2.0 3.6 4.8	$1 * 10^{-5}$, 95% of time $1 * 10^{-5}$, 82% of time $1 * 10^{-5}$, 82% of time lower lower	1000 1000 1000 1000	better than $1 * 10^{-2}$		Switched- network	11 12
Federal Republic of Germany	0.2 1.2 2.4	$1.5 * 10^{-5}$ $8 * 10^{-5}$ $8 * 10^{-5}$	1024 1025 1024	$4 * 10^{-2}$ $2 * 10^{-2}$ $1 * 10^{-2}$		Switched- network	47
Italy	40.8	10^{-5} to 10^{-6}	500	10^{-4} to 10^{-5}	≤ 1500 km	Private line ; report shows dependence of error rate on time of day	65
U.S.S.R.	72	$2.4 * 10^{-3}$ to $8.1 * 10^{-6}$ average $4.6 * 10^{-4}$			1000 km	Private line	66

3. Existing and Planned Networks

The initial demand for public data services was met by extending the Telex network and the telephone switched-network. These networks, however, were primarily designed for the written and spoken language with its inherent high redundancy, and therefore, could not sufficiently meet the requirements for error performance in data transmission. The set-up time to connect two subscribers, which is insignificant for the original purpose, becomes very large if compared to the time needed to transmit a limited block of data. Hence system operation becomes inefficient. Also, because of the limited bandwidth of the above services, the highest speed available is 2000 b/s. To meet some of these demands, newer services have been introduced in Canada, e.g., Broadband, Multicom and Message-Switching Data System (MSDS). However, since the volume of data traffic is steadily increasing — the growth-rate of 20 percent to 100 percent per annum has been forecast in various countries — new networks are planned to meet the future needs of data traffic.

A brief description of the present state of the newer data networks in Canada and other countries, as well as plans for the future networks, is given below. Further information on some of the networks may be found in the Appendix.

Canada

(a) Trans-Canada Telephone System (TCTS)_(1,3):

TCTS offers, or has announced for service, the following data transmission services:

- Dataphone — a data transmission service over regular voice communications channels using modems.
- TWX — the teletypewriter exchange service between low-speed keyboard terminals.
- Multicom is the generic name used to describe three classes of service:
 - (i) Low-speed Multicom provides switched channels with bit rates less than 1200 b/s multiplexed over *dedicated* voice-band inter-city trunks.
 - (ii) Medium-speed Multicom is a four-wire switched and metered service offering, using specially conditioned analogue channels of 4 kHz bandwidth.
 - (iii) High-speed Multicom provides switched wide-band channels of 44 kHz bandwidth. An additional 4 kHz voice co-ordination channel is included in the service.

Computer/Communications Network Study

- Message-switching is available on the Message-Switching Data System (MSDS) to customers on multi-drop private lines or on the TWX network. Maximum data rate is 300 b/s.
- A small-scale private-line digital synchronous network has been announced. Data rates will be 2.4, 4.8, and 9.6 kb/s.
- A variety of other services, such as DATA-FX and private-line service, is also available.

(b) CN/CP Telecommunications: ₍₆₎

- Switched and metered service for low-speed keyboard terminals is provided on the Telex network.
- The generic name Broadband is used to describe a service offering four-wire switched and metered analogue channels of 4 kHz bandwidth up to 48 kHz, including a voice co-ordinator channel.
- The TeleNet network provides a store-and-forward message-switching service mainly for low-speed keyboard terminals.
- Private-line service is also available.

U.S.

(a) American Telephone and Telegraph (AT&T): ₍₉₇₎

- Dataphone is the generic name used to describe all data services over the switched analogue system. Data rates up to 50 kb/s are available.
- A nation-wide private-line digital data system will be introduced in 1974. Data rates of 2.4, 4.8, 9.6 and 56 kb/s will be offered on this network.

(b) Western Union: _(24,25)

All current Western Union data services such as Telex, Broadband, and the Information Services Computer System will be integrated into the COMMLANT system. The COMMLANT system will offer both digital and analogue channels.

(c) Datran: _(28,32)

Datran plans to have digital data services available in 1974. Transmission speeds will be 4.8, 9.6, or 14.4 kb/s. Private-line and switched services are planned.

Computer/Communications Network Study

(d) ARPA: _(19,20,21,22,23)

The Advanced Research Project Agency (ARPA) has installed an experimental ten-node system using wide-band circuits for transmission, and small computers at the nodes for message-switching of traffic between computers at the ten nodes. This is essentially a private network.

(e) Microwave Communications Inc. (MCI): _(28,29)

Private-line inter-city services over analogue channels will be provided by MCI. Various bandwidths are available. MCI does not provide local distribution.

United Kingdom _(36,37,43,44,45,55)

- The British Post Office offers data transmission services over the Telex and voice communications networks. Both private-line and switched services are available. Maximum data rates are 2.4 and 1.2 kb/s respectively.
- Because of phenomenal growth predictions, a synchronous digital data network, integrated with current facilities, is planned. Data rates will be 200, 2400, 9600 and 48,000 b/s. It is anticipated that digital switches will provide connect times in the order of 100 msec. Packet switching may be made available on this network if it proves itself to be acceptable.

Germany _(48,49,55)

- Currently data services are available on both the Telex and the voice communications network. Maximum data rate offered on the switched-network by the Bundespost is 1200 b/s.
- The Bundespost will introduce Electronic Data Switching (EDS) _(50,51,52,53) Exchanges in 1973 in the Telex network. These exchanges will also be used for switched data services at rates of 200, 2400, and 9600 b/s.

France _(64,55)

- A switched-network using conditioned channels is used for data transmission at 2.4 and 4.8 kb/s. Data rates up to 200 b/s are supported on the Telex network.
- Hermes is a digital data network planned for 1976. It probably will be integrated with the PCM voice network.

Computer/Communications Network Study

*Sweden*_(54,63)

- At present data traffic is over public telephone and leased lines, using modems with speeds of 200, 600, 1200, 2400 b/s and 40 kb/s.
- A separate future data network with three data switching exchanges is being studied. Concentrators, remotely controlled by these exchanges, will act as feeders between subscribers and exchanges. Isochronous transmission at bit rates of 1200, 2400,

4800 and 9600 b/s will be available, as well as asynchronous at rates up to 300 b/s. Because of the expected under-utilization of the trunk lines in the initial period, only circuit switching was proposed. However, when the number of terminals has increased, and also for interworking on long international data links, packet switching might be introduced.

The synchronization of the network and the envelope structure proposed are the same as the U.K. proposals.

Italy₍₅₅₎

Data services are available up to 2400 b/s over public telephone-type circuits and up to 200 b/s over the Telex network. Private leased Telex wide-band circuits for 48,000 b/s are also available.

Japan₍₅₅₎

- A switched data service separated from the public telephone network was to be introduced in June, 1971 with a maximum speed of 1200 b/s.
- Additionally, a calculating service was recently introduced in Tokyo using touch-tone dialling telephones to access a pre-programmed computer. Output from the computer is via a voice answer-back unit.

4. Constraints and Limitations

Because of increasing world trade, and Canada's economic dependence on trade, business communications will become more important during the 1970's. Increases in manpower costs throughout the industrialized world tend to introduce business machines into this environment. Data traffic between business machines will therefore match the national trading pattern.

Consequently, Canada must consider the U.S. as her most important “data communicator”, with the European economic bloc second, and other areas of lesser importance.

At present, a number of proposals have been submitted to the CCITT for recommendation for a new world-wide data network. An asynchronous network has been proposed by Germany⁽⁴⁸⁾, while France⁽⁶⁴⁾, Britain⁽⁴⁵⁾, and the AT&T⁽⁷⁾ in the U.S. all advocate slightly different forms of a synchronous network. Additionally, in the U.S. a number of other communications networks like Datran^(32,28) and MCI^(28,29) are in the planning stages.

Since it is highly desirable, from a user’s point of view, to access all foreign networks automatically, and through the same network protocol as for the Canadian network, Canada’s common carriers will have a major interfacing task with these other networks. From a data communications point of view it therefore seems safest to wait until some of these plans will actually materialize. Since equipment design and data communications network implementation take in the order of five years minimally, waiting at this time may not be acceptable. However, the penalty for immediate action may be an internationally non-compatible network. The proper approach in this matter therefore seems to be to act carefully, and with one’s eyes open.

If incompatibilities in the data network are unavoidable, then the choice for the Canadian carriers must be first to satisfy Canadian needs, and second to be as compatible as possible with the U.S. networks, since most international data traffic from Canada will be directed toward these networks.

If the new data networks will be digital in their switching and transmission, and at present this seems to be the direction that most system planners tend towards, then incompatibility is already assured on the basis of the preferred time-division multiplex hierarchy in North America and in Europe.

It is estimated that within the current communications network more capital is invested in local distribution than in either switching or long-haul transmission. Especially for data traffic, digital switching and transmission will make cost

Computer/Communications Network Study

savings possible in those areas; a general solution for cost-reduction in the distribution plant is as yet not in sight.

5. Conclusions

Following is a set of conclusions as to the direction in which data communications are headed, due to communications facilities available during the 1970's:

- In a local (non-toll) environment, data rates up to 1200 b/s can probably be transmitted no more cheaply in the future than at present. Present data modem costs, and therefore transmission costs in this data speed range, can only be reduced through increased volume production of these modems. If volume warrants it, the modem in an Integrated Circuit (IC) package may well be feasible during the 1970's. Modem cost reductions in an approximate order of magnitude appear indicated in this case.
- Above data-rates of 2400 b/s a fully digital transmission and distribution scheme seems to offer maximum advantage. Such a network does not exist today. The planning for this network will have to take into consideration the shortcomings of the present mode for data transfer, like high installation and maintenance costs, long circuit connect times, etc.
- Additional services, like message-switching, will also have to be accommodated easily in this digital network.
- Because of decreasing digital logic costs, the network terminal at the subscriber will be capable of more complex logic functions (*i.e.*, it will be more intelligent). The terminal itself will also become less expensive.
- Small digital communications processors will fulfill specialized control functions within the network, and interfacing functions to the network.
- Data provided by the Canadian Computer/Communications Task Force indicates that data transmission is projected to amount to only 3 to 5 percent of the total of all communications traffic by 1980. Maximum economies of scale can thus only be realized by sharing communications facilities wherever possible.
- Agreement and co-operation will be required in the area of communications protocol between business machine manufacturers, and the business machine manufacturer and communications equipment supplier. An interface processor, specially engineered and programmed, should *not* be required for two business machines of different manufacture to communicate, as it is today. Early standardization of protocol and codes appears to solve this dilemma.
- Field trials, such as the ARPA network and associated theoretical investigations, must be carried out to prove the economic viability of packet switching.
- A trip to Europe (1971) indicated clearly that high growth-rates of data terminals, additional service requirements foreseen in the 1970's, and an over-loaded telephone network exert great pressures towards building new

Computer/Communications Network Study

data networks. Since alternate solutions of data transmission are available in North America today (Dataphone, Multicom, Broadband Exchange), pressures in North America are moving in the direction of providing more economical and reliable networks, rather than

meeting many basic needs for the first time.

- This report has examined the technological capabilities of the future and not the array of customer services that will develop when these capabilities become available. Conversely, it has not

explored new types of services that can be developed with existing capabilities (*i.e.*, the ARPA network is designed using today's technology). Exploration of future service concepts using existing and developing data network technology is certainly required before a network design is finalized.

In summing up, it appears there exists a chicken-and-egg situation in the data communications area: because of a lack of volume *both* telecommunications services for data from the common carriers, as well as computer user hardware and software needed for telecommunications, are still very expensive. Undoubtedly, with an increase in use the costs per terminal and per connection to the network will decrease. In order to provide a shared-use network, and to reduce costly special arrangements, the common carriers must interface with teleprocessing equipment through a standardized communications interface. The interface protocol may be different for a *finite* number of classes of traffic (*e.g.*, transaction, bulk data transfer, time-sharing); but terminals for similar use must use the same protocol. Early standardization in this area should be the major current goal of the International Standards Organization (ISO) and its associated national standards groups.

Appendix

This appendix includes further information on existing and planned data networks.

1. Canada

(a) Trans-Canada Telephone System_(1,2)

In addition to the Dataphone and TWX services, the Trans-Canada Telephone System offers two additional measured-rate data services; High-speed and Medium-speed Multicom, introduced in June, 1970, offer full-duplex four-wire data transmission at speeds of 19.2, 40.8 or 50 kb/s with a separate channel for voice co-ordination. Coast-to-coast connect time is 3.5 seconds maximum.

High-speed Multicom is a six-wire system with three switching centres across Canada: Montreal, Toronto and Calgary. The two-wire voice channel terminates on a No. 5 cross-bar switching machine that in turn controls a slave matrix to connect the four-wire data channel. The wideband subscriber lines are repeatered and the cable pairs equalized. Inter-office transmission uses T1 lines with specialized terminals or wide-band carrier facilities. The transmission is synchronous, although non-synchronous operation can be provided on the basis of a special assembly, *e.g.*, for facsimile.

Medium-speed Multicom, which began operation in December, 1970 is a combination *voice/data* communications system and permits duplex data transmission at speeds of 2400 or 4800 b/s. Higher speeds will become available with the availability of reliable and economical data sets. The maximum coast-to-coast connect time is three seconds.

Medium-speed Multicom is a four-wire service using specially conditioned voice frequency access lines and trunks. To meet Schedule 4B₍₂₎, the maximum number of intermediate trunks in tandem is limited to three. There are five switching centres: Vancouver, Calgary, Winnipeg, Toronto and Montreal (see Figure 3). These centres use a modified Western Electric 758C

cross-bar switch with common control. Calls will be rerouted automatically, if all trunks between two centres are busy. All 758C switching machines are designed to operate in a polygrid network with all centres being of equal status within the network. Although the highest speed now available is 4.8 kb/s, the system could be adapted to handle 9.6 kb/s. Multicom offers optional features such as: automatic answer in data mode, business machine disconnect, automatic calling, hot-line, etc.

Low-speed Multicom provides low-speed switched channels which are multiplexed over dedicated voice-band inter-city trunks. It will supplement existing special service offerings such as DATA-FX.

Status: Available in 1971.

For low-speed data traffic with signalling rates of less than 300 b/s TCTS offers a private-line data network, which operates on a store-and-forward principle and is called the Message-Switching Data System (MSDS). Groups of terminals are connected via common bus lines in multi-drop configuration to the switching computer. Traffic flows on the principle of polling and is controlled by the central computer, which stores the messages and then forwards them at a suitable time. Priority in handling the message can be provided. At present the average delay for all messages is ninety seconds. Several facilities are provided with the MSDS, such as multiple and group addressing, direct intra-line traffic, etc. A TWX subscriber can also be connected to MSDS multi-station private-line terminals through "accreditation". This will also let him use the store-and-forward facility of MSDS to reach other TWX subscribers.

Status: Introduced in 1968.

TCTS plans to introduce a small-scale private-line digital data system in 1971. This will form the basis for evaluating techniques which could be used for a future digital data network in the mid 1970's. The system will provide an isochronous data rate of 2.4, 4.8, or 9.6 kb/s at the customer interface. Circuits will be full duplex with a target bit error rate of one in 10^7 for 95 percent of the time. To achieve the system error objective regenerative

Computer/Communications Network Study

repeaters will be used to reshape and retime the signals. The local loop will employ a four-wire digital transmission technique, with loop regenerative repeaters for distances of more than six miles. Long-haul transmission is provided through regenerative facilities on the present radio system.

Status: Initial phase end 1971.

(b) CN/CP Telecommunications₍₆₎

In November, 1967 CN/CP Telecommunications introduced a service called Broadband Exchange Service for handling the transmission of digital data as well as analogue signals. It is designed to enable a subscriber to choose on a call-up basis a four-wire voice co-ordinated channel of 4, 8, 16 or 48 kHz bandwidth. The target connect time on a coast-to-coast call is two seconds (a CN/CP brochure announced a figure of 3.5 seconds).

“Broadband” is a measured rate circuit switched system, and uses solid-state common control, with dry reed switches making the necessary circuit connections.

Local circuits to subscribers are four-wire circuits, designed for the maximum bandwidth requirement of the subscriber, *e.g.*, a customer with a requirement of 4 kHz will be provided with a circuit with a bandwidth not exceeding 4 kHz. If the customer inadvertently dials a wider bandwidth circuit than that for which his or the called party's circuit is conditioned, then the call is blocked and the customer is advised of his error.

The system consists of four main switching centres located in Montreal, Toronto, Winnipeg and Vancouver (see Figure 2). Subscribers are either connected directly to the switching centre, or via concentrators if located a long distance from a switching centre.

The system provides extra facilities like “abbreviated kaying”, “Hot-Line Service”, preset conference service (*i.e.*, preset multiaddressing) and limited access.

Status: Service announced in 1967.
Service introduced in 1968.

CN/CP Telecommunications introduced in the first quarter of 1971 a TeleNet service. This is a computer-controlled store-and-forward message-switching service, and like the MSDS of TCTS provides essentially a private network. The system uses Philips DS-714 computers^(56,58,59) located in Toronto and in Montreal.

Subscriber network stations are of three types, depending on the volume of traffic or the grade of service required:

- Class A is a heavy-volume station provided with a dedicated circuit and a dedicated computer port. However, a class A circuit may be shared by more than one station belonging to the same network.
- Class B is a medium-volume station. Computer ports are shared by several subscribers with access via the Telex (50 b/s) or the Data Telex (180 b/s) networks.
- Class C is a light-volume station similar to Class B.

Speed conversion, code translation, multiple addressing, etc. are also provided.

Status: Introduced in 1971.

2. United States of America

(a) American Telephone And Telegraph₍₇₎

AT&T plans to introduce a nation-wide private-line Digital Data System in 1974 independent of the existing private-line and Dataphone services. The data-rates offered will be 2.4, 4.8, 9.6 and 56 kb/s. Unlike Multicom or Dataphone no alternate voice or voice co-ordination channel will be provided. This point-to-point connection will be synchronous. Provision for multi-point service is planned. For the 2.4, 4.8 and 9.6 kb/s channels the byte structure for multiplexing is $(6 + 2)$, *i.e.*, 6 bits customer data + 1 control bit + 1 framing bit, thus the 64 kb/s PCM channel could accommodate twenty channels of 2.4 kb/s or ten channels of 4.8 kb/s or five channels of 9.6 kb/s. The framing bit is needed for sub-multiplexing, while the control bit

Computer/Communications Network Study

indicates whether the byte contains customer data or signalling. For the 56 kb/s channel no sub-multiplexer framing bit is needed, and the byte thus consists of 7 bits customer data + 1 control bit. Transmission facilities employed will be digital. The synchronization of this digital system will be accomplished by secondary, highly stable, yet electronically variable crystal clocks. These clocks are controlled by primary timing sources which in turn are phase locked to a single master timing source.

Studies are in progress of various forms of switched data services based on the digital channels with byte structures as described above.

Status: Private-line digital system to be introduced in 1974.

(b) Western Union_(24,25,26,27)

Western Union plans to integrate the existing data networks in a new network, the COMPLANT System. This will accommodate the Telex and TWX networks, as well as the present Western Union's Hot-Line and Broadband services, and the Information Services Computer System (ISCS). Digital asynchronous transmission will be limited to 300 b/s. Above 300 b/s transmission will be synchronous. There will be two kinds of switching networks, one digital and the other analogue. The digital switching network will carry both synchronous up to 9600 b/s and asynchronous traffic, and will be transparent in code and speed. The analogue switching network will be space division and hence can also carry signals of the digital switching network. This analogue switching network will accommodate the Hot-Line and Broadband Services and all higher-speed data. The switching centres will be stored program controlled, and signalling and supervision between centres will be done on separate channels with a modified CCITT No. 6 signalling. The data from local and remote subscribers will be collected via concentrators, which are under the control of the switching centre. The concentrators in conjunction with the switching centre can accept in-band or separate signalling from the subscriber, handle analogue or digital signals, and provide connections through both analogue or digital trunk facilities to the switching centre. This concentrator which has to handle the various types of subscriber terminal employs a space-division matrix.

Status: End of 1971: initial 20 Mb/s digital line New York to Washington, D.C.

1974: digital transmission network, New York to Chicago.

*(c) ARPA Network*_(19,20,21,22,23,18)

The Advanced Research Project Agency or ARPA of the U.S. Department of Defence has an experimental network installed connecting ten ARPA-supported research centres across the U.S. Phase 1 of this project involves ten centres and started in the fall of 1969. This ARPA network is a private network dedicated to scientific information exchange, *i.e.*, mutual access to computer facilities between the ARPA-sponsored research centres (Figure 4). These centres' autonomous computer systems do not communicate directly with one another, but do this via independent switching centres. The initial design idea was for these switching centres, called Interface Message Processors (IMP), to serve one or more computers, the Host-computer(s), as a gateway to access the ARPA transmission network and hence other computers. Local terminals, *e.g.*, teletypes wishing access into the ARPA-net, have to do so via their local Host-computer, hence unnecessary loading of the Host-computer. To overcome this a new node processor was designed; a terminal IMP or Terminal Interface Processor (TIP), which in addition to being an IMP, will provide direct access for up to sixty-four terminals to the ARPA network and any remote Host-computer without the necessity of going through the local Host.

The method of switching is store-and-forward packet switching. A packet consists of a 1000-bit block of data and a twenty-four-bit cyclic checksum. Since the IMP/TIP has to provide temporary storage for a message, the message length per transmission that any Host can send to an IMP/TIP is limited to eight packets. The IMP/TIP's are connected together on a distributed network principle via 50 kb/s common-carrier leased lines (AT&T) by means of modems. The transmission of data from and to the local terminals and the Host-computer takes place in a start-stop mode. The transmission of a message in the network itself is completely under the control of the IMP/TIP's. The Host-computer has no control at all over it. Thus the IMP/TIP network operates autonomously.

Computer/Communications Network Study

The system is speed transparent and uses ASCII eight-bit code. By special use of the ASCII DLE-character it is also made code transparent. The existing nodes use IMP's; the first TIP will be in use around 1971/72. Work on higher-level Host-Host protocol which will provide among others a direct computer-computer exchange of information is still going on.

Status: Phase 1 (experimental) started in 1969.

(d) *Datran*_(28,32)

Data Transmission Company (Datran) is planning to provide switched end-to-end or private-line digital data service. Voice co-ordination if required will be handled through the regular telephone network. Transmission is over digital lines, thus requiring no modems, with error rate of less than 10^{-7} and connect time less than three seconds. The system is circuit-switched, although store-and-forward message-switching might be added at a later date. The transmission speeds offered are 4.8, 9.6, and 14.4 kb/s synchronous and 150 b/s asynchronous. The backbone of the network will be a microwave "pipe" across the U.S. consisting of 4432 channels of 4.8 kb/s each. Channels requiring more than the 4.8 kb/s capacity will be forced by paralleling the appropriate number of 4.8 kb/s channels. At present the plan calls for the network to be fully synchronous. As initially the planned transmission facilities will be under-utilized, Datran will start by installing just one switcher. This will be a time-division switch, with a time-division matrix supplied by Stromberg Carlson and common control equipment by COMTEN. As traffic builds up, more switching centres will be added. In the beginning the same basic 4.8 kb/s synchronous channel facility will be extended to the subscribers' premises and will be used to sample the lower-speed asynchronous subscriber.

Status: FCC Application filed November, 1969.

Pending FCC approval, service is planned to be offered April, 1974.

(e) MCI Network (28,29)

Microwave Communications, Inc. (MCI) will lease private-line point-to-point analogue communications channels to subscribers. Transmission will take place over microwave carrier systems with frequency-division multiplex equipment supplied by Northern Electric Company Ltd. A wide variety of channel bandwidths is available from 200 Hz to 960 kHz and also channels for video and broadcast. Since channels are leased on a one-way basis, two-way asymmetrical transmission is available. However, MCI will not provide local loops, but will give technical assistance to the customer in renting from the local carrier or in providing his own loops, and in connecting and maintaining them. Specially designed carrier channels for data are also available at bit rates of 75 b/s to 19.2 kb/s and error rates of one in 10^7 .

Status: FCC approved initial link St-Louis-Chicago in August, 1969 and its modification in January, 1971.

Applications for other routes by MCI and MCI-affiliated companies were filed with the FCC. In view of the FCC ruling in May, 1971, there will be fewer obstacles to obtaining a license. The start of service offerings is indeterminate.

3. United Kingdom (36,37,43,44,45,46,55)

The British Post Office has at present 30,000 data subscribers, and in the next few years is expecting a subscribers' growth-rate of between 50 to 100 percent per annum. The British Post Office proposed a new data network to accommodate this growth-rate, and to support additional data service requirements which they foresee in the 1970's, and which they cannot support on the currently over-loaded voice network. The network will be a synchronous network with either a common clock, or clocks, operating on mutual correlation.

The Post Office will offer the following service bit rates: 600, 2400, 9600 and 48000 b/s; the latter three having an isochronous mode of transmission require a duplex four-wire transmission facility even at the local loops. For low speeds up to 600 b/s the local loop is two-wire and the loop

Computer/Communications Network Study

transmission uses the normal mode of modulation, *e.g.*, Frequency Shift Keying (FSK). However, the transmission mode within the system will be isochronous and adjusted to that for the 600 b/s service at the first multiplexer with speed alignment by insertion of idle "envelopes" (see later). This seeming inefficiency in usage is tolerated because of the short distances involved in the U.K. For anisochronous transmission up to 1.2 kb/s (or up to 2.4 kb/s) transition encoding will be used over the 9.6 kb/s service. The connect time within the U.K. is planned to be in the order of 100 msec from customer to customer.

To satisfy the requirement for bit sequence-independence, in-band signalling and speed alignment, the data envelope structure of ten bits is proposed. This envelope consists of 1 synchronizing bit + 1 status bit + 8 bits of customer data. The status bit will be "one" to indicate customer data and "zero" for signalling.

Since the economies offered by packet switching appeared to be small in a network of the size of the U.K., the proposal envisaged a network for circuit switching with provision for packet switching. The switch could be a synchronous time-division switch combined with space-division switch, *e.g.*, at a concentrator. The time-division switch will operate at the envelope level. In a packet-switching mode, the maximum length of a data packet including header (*i.e.*, destination and source address, type, etc.) is approximately 1000 bits.

Plans for the first phase call for some twenty Data Switching Exchanges with each serving an area of approximately fifty miles and an average line distance of fifteen miles. The line transmission rate at the primary level between Data Switching Exchanges will be the primary European CEPT standard of 2.048 Mb/s.

Status: Planning stage, first experimental model to appear in 1973/74.
Experiments on packet switching at National Physical Laboratories. (38,39,40,41,42)

4. Federal Republic of Germany (48,49,50,51,52,53)

The German Post Office (Bundespost) proposed to introduce an Electronic Data Switching (EDS) system in 1973/74. EDS was conceived as a switch for low-speed data and designed to replace the obsolescent switching equipment of the German Telex network with its approximately 90,000 subscribers. The EDS system, however, is capable of handling a small amount of higher-speed data to 9.6 kb/s, and hence forms the basis of the new German Data Network, which will integrate the existing Telex, Datex, and Gentex systems. Switching systems for higher-speed data are in development.

The German Post Office planned to introduce service rates of up to 200, 2400 and 9600 b/s. The delay through an EDS centre is in the order of 100 msec and through a concentrator 200 to 300 msec. The minimum connect time is approximately 100 msec for two local subscribers directly connected to an EDS centre and can be as high as three seconds for a long distance connection of a subscriber with low-speed in-band signalling. The EDS system operates like a circuit-switched system by detecting the polarity reversals on the incoming lines and transmitting these transitions to the outgoing ones.

Because of the relatively lower speeds of the data as compared to the switching capability of the EDS the switch operates in an asynchronous mode. A store-and-forward facility for message-switching can be provided. In low-density subscriber areas, data traffic will be collected by space-division switching matrix concentrators, and connected through to the serving EDS centre. These concentrators will be fully remote-controlled by the EDS centre.

Initially transmission between EDS centres will use modems over the standardized frequency bands of existing Frequency-Division Multiplexing (FDM) carrier systems. Transmission over PCM channels is also envisioned for the future. For low-speed subscriber loops of up to 200 b/s a Standard Electric-Lorenz FSK-type modem is used which allows full-duplex operation over one pair. Higher-speed subscriber loops will probably be served by a digital baseband technique.

Computer/Communications Network Study

Facilities for multiaddressing, abbreviated dialling, speed and code conversions, etc. are planned.

Status: Trial operation in 1970/71.
Expected date of Telex service 1973/74.

5. France^(55,64)

Present data traffic is over the general telephone-switched and Telex-switched networks. A new 200 b/s Telex service has been introduced.

A special telephone-type network (Caducée network) for data service using cross-bar switches and special quality transmission circuits will be introduced by the end of 1971. This supports a transmission rate of up to 2400 b/s or to 4800 b/s. Wideband circuits (capable of transmitting rates up to 50 kb/s) are for the present confined to communications within one town.

Another network for data transmission, "Hermes", is in the planning stage. This network will be closely associated to a new (still in development) time-division switched telephone network, the E1 telephone system. The service rates to be offered will be from 50 b/s to 56 kb/s on a circuit switched basis with provision for packet switching. The data network will be using part of the E1 telephone transmission and switching system. Because of this, the data structure is of two kinds:

- For a channel using the PCM voice channel each envelope byte will be eight bits ("octet") consisting of one status bit and seven data bits. Hence the data-rate will be $7/8 \times 64 \text{ kb/s} = 56 \text{ kb/s}$. However because of stuffing requirements, *i.e.*, alignment by insertion of idle envelope, the effective data-rate will be slightly less than 56 kb/s. Switching of these channels (first-level switch) will occur in equipment identical to the telephone switch E1.
- For data of lower speeds, the structure of the envelope byte is similar to the U.K. proposal, *i.e.*, (8 + 2) bits. Switching of these channels occurs at a second-level switch after passing through the first-level switch and multiplexing and demultiplexing operations.

Status: Hermes planned for 1976.

Figure 1
Digital Hierarchy

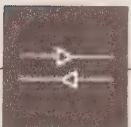
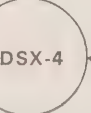
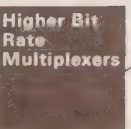
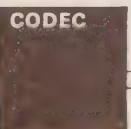
Data Modems

Digital
Multiplexers

Connects

Transmission
Lines

Message
Channels



T1

TD-2

T2

L4

Coaxial Cable
Radio and
Waveguide
Transmission
Lines

Figure 2
 CN/CP Telecommunications
 Broadband Exchange Service
 Initial Layout

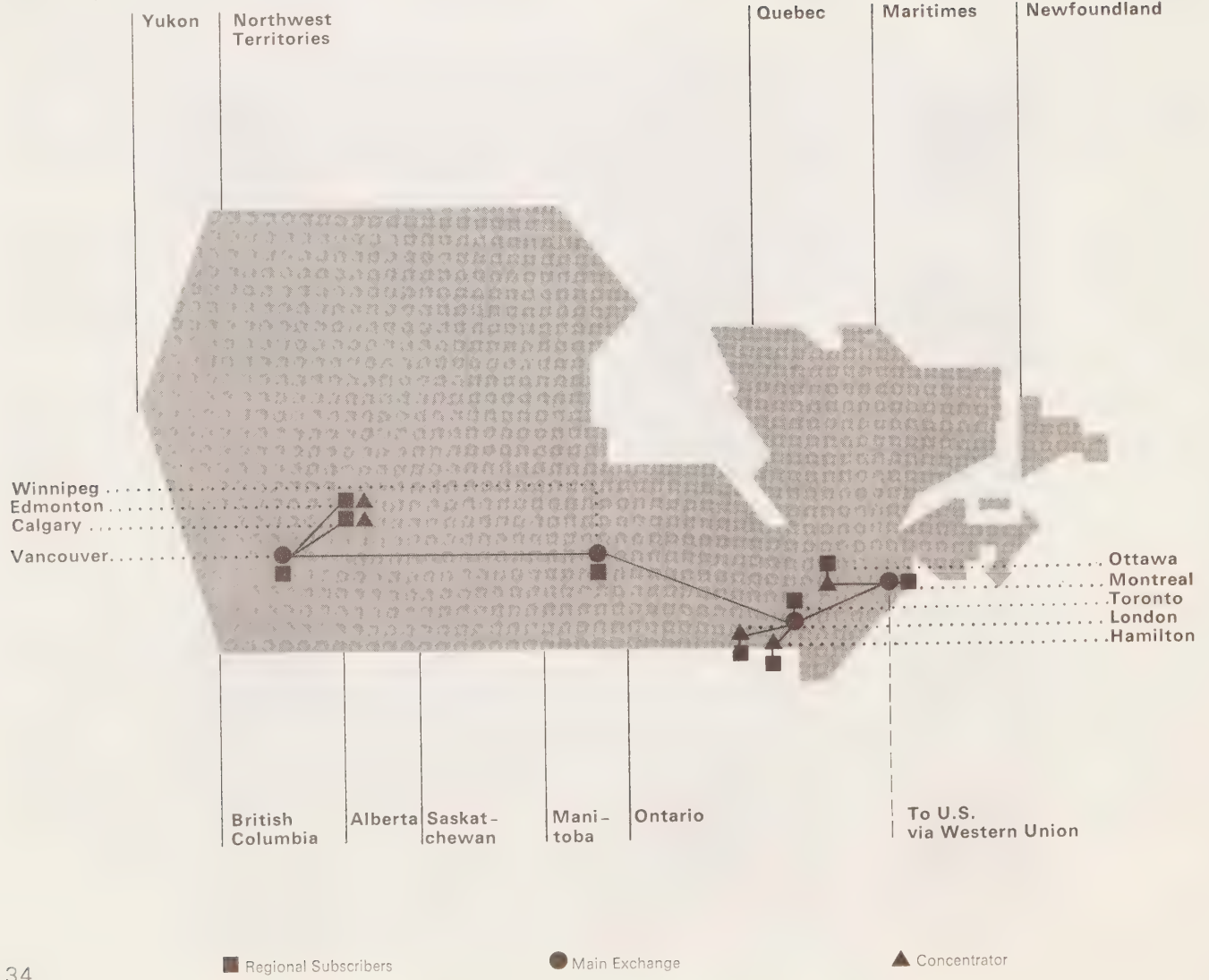


Figure 3
TCTS
Multicom Network
Initial Layout

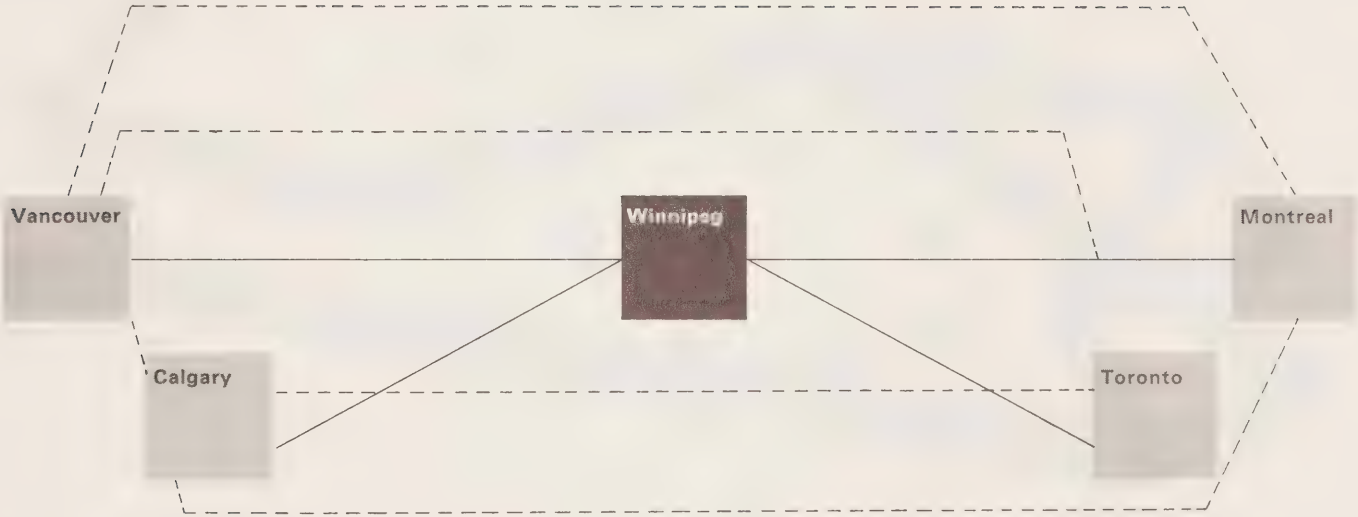


Figure 4
ARPA Network

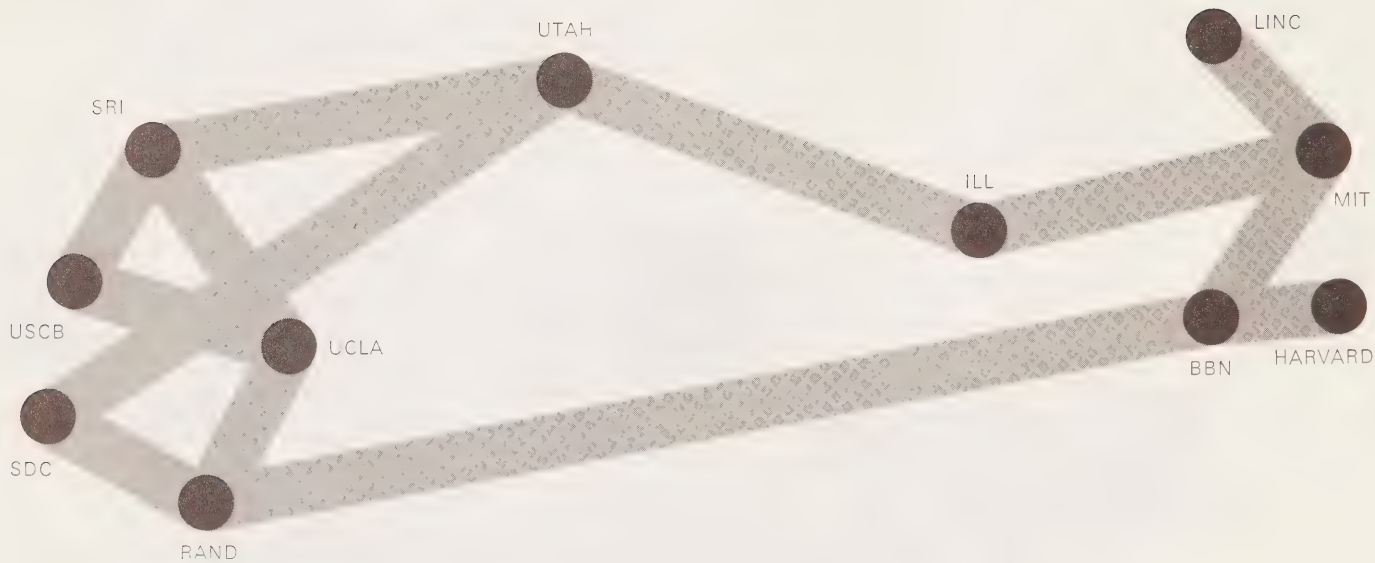


Figure 5a

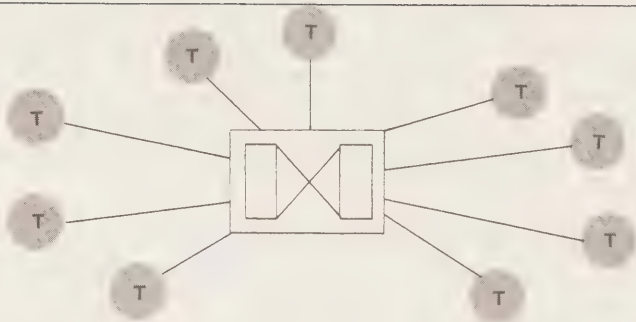


Figure 5b

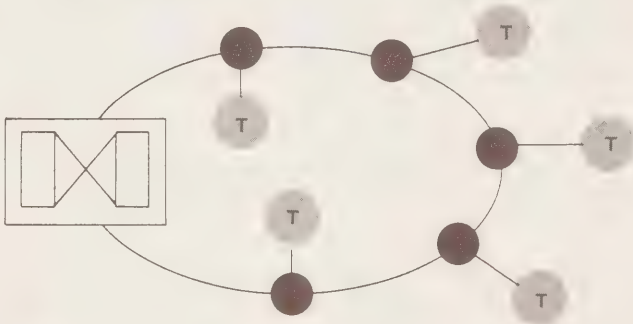
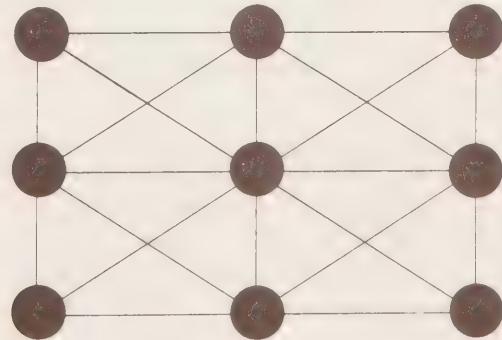


Figure 5c



Bibliography

1. Milne, A.F. and Leyburn, D., "Multicom — 4800 bps Data Transmission Over Voice Channels", *Canadian Electronics Engineering*, Vol.14, No.12 (December, 1970), pp.45-7.
2. Martin, James T., *Teleprocessing Network Organization* (Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, Inc., 1970).
3. *Computer Based Services of the Seventies* (Trans-Canada Telephone System, Ottawa, July, 1971).
4. Hough, R.W.; Fratessa, Carolyn; Holley, Virginia; Samuel, A.H. and Wells, L.J., *A Study of Trends in the Demand for Information Transfer* (prepared for the National Aeronautics and Space Administration, Ames Research Center, Moffett Field, California, Contract NAS2-5369, SRI Project MU-7866) (Menlo Park, California, Stanford Research Institute, February, 1970).
5. Sedlacek, W.C., et al., *Information Transfer Systems Requirement Study, Summary Report* (Sunnyvale, California, Lockheed Missiles & Space Company, March, 1970).
6. Clark, R.M., "Broadband Exchange Service", CNT Customer Service Engineering, Canadian National — Canadian Pacific Telecommunications, Toronto, September 6, 1966.
7. American Telephone & Telegraph Co., "Private Line Digital Data Service Plans", *CCITT Joint Working Party NRD — Contribution No. 37* (Period 1968-1972, GM/NRD — No. 37-E; April, 1971).
8. Farmer, W.D. and Newhall, E.E., "An Experimental Distributed Switching System to Handle Bursty Computer Traffic", *ACM Symposium on Problems in the Optimization of Data Communications Systems, Pine Mountain, Georgia, October 13-16, 1969*, pp.1-33.

9. Pierce, J.R.; Coker, C.H. and Kropfl, W.J., "An Experiment in Addressed Block Data Transmission Around a Loop", *IEEE 71 International Convention Digest, New York, March 22-25, 1971*, pp.222-3.
10. American Telephone & Telegraph Co., "An Experiment in Addressed Block Data Transmission Around a Loop", *CCITT Joint Working Party NRD — Contribution No. 45* (Period 1968-1972, GM/NRD — No. 45-E; May, 1971).
11. Fleming, H.C. and Hutchinson, Jr., R.M., "Low-Speed Data Transmission Performance on the Switched Telecommunications Network", *The Bell System Technical Journal*, Vol.50, No.4 (April, 1971), pp.1385-405.
12. Balkovic, M.D.; Klancer, H.W.; Klare, S.W. and McGruther, W.G., "High-Speed Voiceband Data Transmission Performance on the Switched Telecommunications Network", *The Bell System Technical Journal*, Vol.50, No.4 (April, 1971), pp.1349-84.
13. "No. 1. Electronic Switching Systems Arranged with Data Features", *The Bell System Technical Journal*, Vol.49, No.10 (December, 1970), pp.2733-3004.
14. Broderick, C.W., "A Digital Transmission System for TD-2 Radio", *The Bell System Technical Journal*, Vol.50, No.2 (February, 1971), pp.481-99.
15. Gunn, J.F.; Ronne, J.S. and Weller, D.C., "Mastergroup Digital Transmission on Modern Coaxial Systems", *The Bell System Technical Journal*, Vol.50, No.2 (February, 1971), pp.501-20.
16. Bender, E.C. and Howson, R.D., "Data Transmission and Computer Access: Wideband Data Service", *The Bell System Technical Journal*, Vol.50, No.2 (February, 1971), pp.667-81.
17. The International Telegraph and Telephone Consultative Committee, *CCITT White Book, Volume VIII, Data Transmission IVth Plenary Assembly, Mar*

Computer/Communications Network Study

del Plata, 23 September — 25 October, 1968 (The International Telecommunication Union, 1969), Question 1/A — Point L.

18. Baran, P.; Boehm, S.P. and Smith, J.W., *On Distributed Communications* (a series of eleven memoranda) (RM-3420-PR, RM-3103-PR, RM-3578-PR, RM-3638-PR, RM-3097-PR, RM-3762(-7)-PR; Santa Monica, California, The Rand Corporation, August, 1964).
19. Roberts, L.G. and Wessler, B.D., "Computer Network Development to Achieve Resource Sharing", *AFIPS Conference Proceedings, Volume 36: 1970 Spring Joint Computer Conference, May 5-7, 1970, Atlantic City, New Jersey* (Montvale, N.J., AFIPS Press, 1970), pp.543-9.
20. Heart, F.E.; Kahn, R.E.; Ornstein, S.M.; Crowther, W.R. and Walden, D.C., "The Interface Message Processor for the ARPA Network", *AFIPS Conference Proceedings, Volume 36*, pp.551-67.
21. Kleinrock, L., "Analytic and Simulation Methods in Computer Network Design", *AFIPS Conference Proceedings, Volume 36*, pp.569-79.
22. Frank, H.; Frisch, I.T. and Chou, W., "Topological Considerations in the Design of the ARPA Computer Network", *AFIPS Conference Proceedings, Volume 36*, pp.581-7.
23. Carr, C.S.; Crocker, S.D. and Cerf, V.G., "HOST-HOST Communication Protocol in the ARPA Network", *AFIPS Conference Proceedings, Volume 36*, pp.589-97.
24. DeWitt, R.G., "Digital Multiplexing", *Proceedings of the National Electronics Conference, Volume XXVI, The Conrad Hilton Hotel, Chicago, Illinois, December 7, 8, and 9, 1970*, pp.845-51.
25. Trendowski, C.R., "Western Union Digital Switching Centers", *Proceedings of the National Electronics Conference, Volume XXVI*, pp.869-74.

Computer/Communications Network Study

26. Dewitt, Russell G., "Western Union Plans for a Nationwide Digital Transmission Network for Data", *IEEE 71 International Convention Digest*, pp.216-7.
27. Cox, J.E., "System Objectives of a Switched Digital Data System", *Proceedings of the National Electronics Conference, Volume XXVI*, pp.875-81.
28. Walker, Philip M. and Mathison, Stuart L., "Communications Carriers: Evolution or Revolution", *Technology Review* (MIT), Vol.73, No.1 (October/November, 1970).
29. Bignami, E.L., "Communications to Order", *Telecommunications*, Vol.4, No.2 (February, 1970), pp.52-7.
30. Mathison, S.L. and Walker, P.M., *Computers and Telecommunications: Issues in Public Policy* (Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, Inc., 1970).
31. United States of America, "4800 and 9600 Bit Per Second Data Transmission Over International Circuits", *CCITT Special Study Group A — Contribution No. 104* (Period 1968-1972, COM Sp.A — No. 104-E; November, 1970).
32. Worley, A.R., "Design Considerations for a Nationwide Data Transmission System", *IEEE International Conference on Communications, Montreal, June 14, 15, 16, 1971, Conference Record* (IEEE Cat. No. 71 C 28-COM), pp.18-1 to 18-6.
33. Hippert, Jr., R.O., "IBM 2790 Digital Transmission Loop", *IBM Journal of Research & Development*, Vol.14, No.6 (November, 1970), pp.662-7.
34. *The Data Communications Market* (Frost & Sullivan, Inc., 106 Fulton Street, New York, 1970).

Computer/Communications Network Study

35. Martin, James T., *Telecommunications and the Computer* (Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, Inc., 1969).
36. Hartley, G.C.; Purton, R. and Smith, N.G., "Studies for a Possible United Kingdom Public Data Communication Service", *1970 IEEE Wescon (Western Electronic Show and Convention) Technical Papers, Volume 14, Los Angeles, California, August 25-28, 1970*, Section 19-2.
37. United Kingdom Post Office, "New Networks for Data Transmission", *CCITT Joint Party NRD — Contribution No. 11* (Period 1968-1972, GM/NRD — No. 11-E; October, 1970).
38. Davies, D.W.; Bartlett, K.A.; Scantlebury, R.A. and Wilkinson, P.T., "A Data Communication Network for Real-Time Computers", *IEEE International Conference on Communications, Philadelphia, Pa., 1968, Conference Record*, pp.728-33.
39. Davies, D.W., "The Principles of a Data Communication Network for Computers and Remote Peripherals", *Proceedings of the IFIP Congress 68, Volume 2 — Hardware Applications, Edinburgh, August 5-10, 1968* (Amsterdam, Holland, North-Holland Publishing Company, 1969), pp.709-15.
40. Wilkinson, P.T. and Scantlebury, R.A., "The Control Functions in a Local Data Network", *Proceedings of the IFIP Congress 68, Volume 2*, pp.734-8.
41. Scantlebury, R.A.; Wilkinson, P.T. and Bartlett, K.A., "The Design of a Message Switching Centre for a Digital Communication Network", *Proceedings of the IFIP Congress 68, Volume 2*, pp.723-7.
42. Bartlett, K.A., "Transmission Control in a Local Data Network", *Proceedings of the IFIP Congress 68, Volume 2*, pp.704-8.
43. Simpson, W.G. (British Post Office), "The Evolving Digital Hierarchy" (informal paper presented at the IEEE International Conference on

Communications, Montreal, June 14, 15, 16, 1971 — not available for publication).

44. Hartley, G.C., "Opportunities and Problems of Synchronous Networks", *IEEE International Conference on Communications, Montreal, 1971*, pp.31-5 to 31-9.
45. Allery, G.D. and Chapman, K.J., "Features of a Synchronous Data Network for the United Kingdom", *IEEE International Conference on Communications, Montreal, 1971*, pp.31-10 to 31-13.
46. ISO/TC97/SC6 (Paris, June, 1970) — United Kingdom, "Residual Errors", *CCITT Special Study Group A — Contribution No. 37; Joint Working Party on New Data and Message Networks — Contribution No. 5* (Period 1968-1972, COM Sp.A — No. 37-E, GM/NRD — No. 5-E; June, 1970).
47. Federal Republic of Germany, "Study of the General Switched Telephone Network with a View to Its Suitability for Data Transmission", *CCITT Special Study Group A — Contribution No. 101* (Period 1968-1972, COM Sp.A — No. 101-E; November, 1970).
48. Gabler, H.G., "Data Network Planning in the Federal Republic of Germany", *IEEE International Conference on Communications, Montreal, 1971*, pp.31-14 to 31-16.
49. Federal Republic of Germany, "Facilities of New Data Networks", *CCITT Joint Working Party NRD — Contribution No. 14* (Period 1968-1972, GM/NRD — No. 14-E; October, 1970).
50. Gossiau, K. and Kern, P., "Electronic Data Switching for Data Communication", *IEEE International Conference on Communications, San Francisco, June 8, 9 and 10, 1970, Conference Record* (IEEE Cat. No. 70 C 21-COM), pp.16-1 to 16-9.
51. Gossiau, von Karlheinz; Bacher, Adolf, *et al.*, "EDS — A New Electronic

Computer/Communications Network Study

Data Switching System for Data Communication'', *Nachrichtentechnische Zeitschrift*, No.8 (1969), pp.444-63.

52. Gossiau, K., "Data Traffic: The Communication of Digital Information'', *Nachrichtentechnische Zeitschrift*, Vol.21, No.8 (August, 1968), pp.500-6.
53. Kammerl, A., "Eine Vollelektronische Fernschreib — und Datenwaehlvermittlung'' (in German), *Nachrichtentechnische Zeitschrift*, No.6 (1966), pp.322-330.
54. Swedish Administration, "Information about a Study of a Separate Public Data Network in Sweden'', *CCITT Joint Working Party NRD — Contribution No. 22* (Period 1968-1972, GM/NRD — No. 22-E; December, 1970).
55. Joint Working Party on "New Data Networks'', "Report of the Meeting Held in Geneva (23-27 November 1970)'', *CCITT Study Group X — Contribution No. 16; Special Study Group A — Contribution No. 108; Joint Working Party NRD — Contribution No. 27* (Period 1968-1972, COM X — No. 16-E, COM Sp.A — No. 108-E, GM/NRD — No. 27-E; December, 1970).
56. Schramel, F.J., "The DS 714 Computer System Used as a Message Switcher'', *Philips Telecommunication Review*, Vol.28, No.3 (September, 1969), pp.125-34.
57. van Kampen, H., "The Type DS 714 Computer-Based Message and Data Switching System'', *Philips Telecommunication Review*, Vol.28, No.3 (September, 1969), pp.135-46.
58. Spoon, H.J., "The Telegraph Input-Output Multiplexer for the DS 714 Message Switching System'', *Philips Telecommunication Review*, Vol.28, No.4 (December, 1969), pp.175-83.
59. Goudet, G. and Benmussa, H., "The DS 4 Data Switching System'',

IEEE Transactions on Communication Technology, Vol.COM-17, No.6 (December, 1969), pp.595-9.

60. McKinnon, R.K., "The Development of Data Transmission Services in Australia", *The Telecommunication Journal of Australia*, Vol.20, No.3 (October, 1970), pp.203-16.
61. Corby, B., "IBM 2750 Voice and Data Switching System: Organization and Functions", *IBM Journal of Research & Development*, Vol.13, No.4 (July, 1969), pp.408-15.
62. Reynier, R.E., "Electronic Switching Network of the IBM 2750", *IBM Journal of Research & Development*, Vol.13, No.4 (July, 1969), pp.416-27.
63. Swedish Administration, "Interworking Between Synchronous Data Networks", *CCITT Joint Working Party NRD — Contribution No. 38* (Period 1968-1972, GM/NRD — No. 38-E; April, 1971).
64. Jousset, A., "Etudes de Réseaux de Commutation de Données en France", *IEEE International Conference on Communications, Montreal, 1971*, pp.31-17 to 31-20.
65. Italian Administration, "Wideband Data Transmission Tests", *CCITT Special Study Group A — Contribution No. 45* (Period 1968-1972, COM Sp.A — No. 45-E).
66. The U.S.S.R. Telecommunications Administration, "Tests of a Data Transmission System Over Wideband Circuits", *CCITT Special Study Group A — Contribution No. 97* (Period 1968-1972, COM Sp.A — No. 97-E; October, 1970).
67. "Report of the Special Study Group A Meeting Held in Geneva, 23 September to 4 October, 1963", *CCITT Special Study Group A (Data Transmission) — Contribution No. 92, Annex XIII* (October 18, 1963).

Computer/Communications Network Study

68. The International Telegraph and Telephone Consultative Committee, *IIIrd Plenary Assembly, Geneva, 25 May — 26 June, 1964, Blue Book, Volume VIII, Data Transmission* (Geneva, International Telecommunication Union, November, 1964). See Federal Republic of Germany, Suppl. 4, "Tests Conducted in the German Telex Network with 50-Baud Start-Stop Transmission", and Suppl. 6, "Measurements on Data Transmissions Over the Telex Network, at 200 Bauds, 1200 Bauds and 2400 Bauds".

Background
Papers

13

**The
Canadian
Computer/Communications
Task Force**

**Background
Papers**

13 Standards

Prepared by:
CCTC/TF Ottawa
August, 1972

Table of Contents

Introduction	1	
	1	
Definitions for Discussing		
Standards in Canada	1	
	2	
Standards-Making Organizations	3	
	3	
Standards-Making in the United		
States	9	
	4	
International Standards-Making	14	
	5	
Conclusion	18	
		Organization of CSA 19

Introduction

Many user and supplier submissions cited the present state of standards as being inadequate for the effective development of computer/communications. A typical quotation follows:

Data processors are generally faced with problems of standardization in the interface of computer/communications equipment.

Other comments range from those urging general standardization to warnings that across-the-board standardization would tend to inhibit new advances.

Specifically, identification and publishing of common-carrier network standards and practices were urged by data processors who also require more compatibility between hardware components of different manufacture, and more compatibility of software data management systems. It was noted also that these problems extend beyond national boundaries in many important situations, not the least of which are those where security of information is concerned.

Some of the following material on specific standardization activity can be found in *Standards in Canada*¹, which is an excellent background reference work. However, the pace of institutional activity in the standards field is high and quite a number of institutional changes which have occurred since this work was published, have been introduced here.

1. Definitions for Discussing Standards in Canada

At this point the difference should be made clear between a "standard" and a "specification" and the process of standard setting or "standardization"

¹ Legget, Robert F., *Standards in Canada* (Catalogue No. SS31-271; Ottawa, Information Canada, 1971)

Standards

should be defined. The following are definitions which are internationally commended:²

(a) Standardization

“Standardization is the process of formulating and applying rules for an orderly approach to scientific activity for the benefit and with the co-operation of all concerned, and in particular for the promotion of optimum overall economy, taking due account of functional conditions and safety requirements. It is based on the results of science, techniques and experience. It determines, not only the basis for present, but also for future development, and it should keep in pace with progress. A particular application is for products and processes — the definition and selection of characteristics of products, testing and measuring methods, specification of characteristics of products for defining their quality, regulation of variety, inter-changeability, etc.”

(b) Standard

“A Standard is the result of a particular standardization effort, approved by a recognized authority. It may take the form of (i) a document containing a set of conditions to be fulfilled (*‘norme’ en français*); (ii) a fundamental unit or physical constant, examples being —*ampère*, absolute zero (Kelvin) (*‘étalon’ en français*); or (iii) an object for physical comparison, an example being the standard metre (*‘étalon’ aussi, en français*).”³

(c) Specification

“A Specification is a concise statement of a set of requirements to be satisfied by a product, material or a process indicating, whenever appropriate, the procedures by means of which it may be determined whether the requirements given are satisfied. A specification may be a standard, a part of

² Published in a report from STACO by the International Organization for Standardization (Geneva, 1965) Quoted in Legget, Robert F., *op. cit.*, p 23

³ Legget, Robert F., *op. cit.* p 24

a standard, or independent of a standard. As far as practicable, it is desirable that the requirements are expressed numerically in terms of appropriate units, together with their limits.”⁴

2. Standards-Making Organizations

The following is a brief description of the various organizations involved in standards-making and of their levels of activity, both domestically and internationally.

(a) Computer Standards-Making in Canada

The Canadian Standards Association (CSA) has been the national standards body for Canada and, as such, CSA has had the responsibility for administering standards promulgation in the field of computers and information processing. The Standards Council of Canada, which was created by Act of Parliament in October, 1970, is to become co-ordinator for standards-making activities in Canada, but not by direct participation on standards-making committees. It is intended primarily as a general policy-making and co-ordinating body.

(b) Standards Council of Canada

The Standards Council of Canada was instituted to “foster and promote voluntary standardization in fields relating to the construction, manufacture, production, quality, performance and safety of buildings, structures, manufactured articles and products and other goods, including components thereof, not expressly provided for by law, as a means of advancing the national economy, benefiting the health, safety and welfare of the public,

⁴ Legget, Robert F., *op. cit.*, p 24

Standards

assisting and protecting consumers, facilitating domestic and international trade and furthering international co-operation in the field of standards.”⁵

It is empowered to recommend procedures relating to preparation, approval, acceptance and designation of voluntary standards; to accredit organizations in Canada involved in preparing standards, testing or certification; to maintain a register of such organizations; to approve standards where appropriate, and maintain an index of approved standards; to identify areas requiring revision of existing standards or new standards; to work with accredited organizations where possible, and where necessary to establish new organizations.

It is also empowered to “unless otherwise provided for by any other Act of the Parliament of Canada or by treaty (i) represent Canada as the Canadian member of the International Organization for Standardization (ISO), the International Electro-technical Commission (IEC), and any other similar international organization engaged in the formulation of voluntary standards”.⁶

The organization of the Standards Council of Canada consists essentially of the Executive Committee, office of the President and the Executive Director, other Directors and a body of Advisory Committees. Directors have been appointed for the National Standards Program, the International Standards Program and the Metric Conversion Program.

In connection with the ISO and IEC international standardization responsibilities, the Canadian National Committees on ISO (CNC/ISO) and IEC (CNC/IEC) were established to direct and guide Canada’s involvement in these two international standardization organizations, with headquarters in Geneva.

While these national committees, since their establishment many years ago, reported to CSA through the CSA Board of Directors, effective April 1, 1972, and under joint agreement between CSA and the Standards Council of Canada, they were transferred to the Standards Council of Canada organization. The CNC/ISO and CNC/IEC memberships are made up of

⁵ *Standards Council of Canada Act* [1969-70, c 73]

⁶ *Standards Council of Canada Act*

individuals from industry, associations, provincial and federal governments, to fully represent the interests covered by the ISO and IEC work.

The technical work on ISO and IEC is conducted in Canada through some 104 Canadian Advisory Committees on ISO and sixty-eight Technical Sub-Committees on IEC, involving some 1,200 technical experts reporting through Chairmen to the CNC/ISO and CNC/IEC, respectively. The Secretariats for the Canadian involvement in CNC/ISO, CNC/IEC and their technical committees are administered by the International Department of the Canadian Standards Association under contract to the Standards Council of Canada. The Manager of the International Department serves as Director of the Standards Council of Canada's International Standards Program.

(c) Canadian Standards Association

The Canadian Standards Association is a non-profit, non-government association, originally incorporated by Dominion charter in 1919, under the name "Canadian Engineering Standards Association" (changed to CSA in 1944) to provide a national standardization body for Canada.

The objectives of the Association are to promote the establishment of uniform, nation-wide standards of products, processes and procedures, by providing an organization (see Figure 1, page 19); to receive requests for standardization, investigate their desirability and arrange for the formation of committees, comprising representatives of both manufacturers and users, scientific and technical societies, inspection authorities and government departments; and to prepare standards that will be acceptable to all concerned interests. CSA is also involved in certifying that products meet those standards which have already been set. The Administration of CSA is controlled through a Board of Directors elected from the Association membership.

Advice on CSA standards policy and the final authority on the approval of standards and on the creation of new committees are through the Standards Policy Board (SPB). The SPB consists of up to 100 members representing as many diverse interests as possible. Reporting to the SPB are thirty-four

Standards

Sectional Committees, representing a wide variety of engineering and commercial disciplines which have developed a need for standards. Standards committees or sub-committees, of which there are about 620, deal with specific topics and are responsible to the assigned Sectional Committee. About 3,000 volunteers participate in the work of these committees. Approval of a CSA standard is granted by the Sectional Committee if there are no negative opinions, or, in certain cases, may be granted by the SPB if there are unresolved negatives. Over 1,200 standards have been published to date by CSA.

In addition to the Sectional Committees and Standards Committees, CSA is developing advisory committees whose membership may be drawn from the leaders of particular industries and governments. One of the first of these to be established was the Advisory Committee on Systems Building, set up for the construction industry. Its objectives are of particular interest, as they can easily be rephrased to apply to computer/communications:

- To evaluate systems approaches to the needs of Canada's building industry, as these concern fields of interest to CSA;
- to establish plans and time-tables for introducing performance specifications and testing criteria;
- to evaluate the needs for dimensional co-ordination in the building industry;
- to recommend standardization projects to increase productivity;
- to consider means to rationalize the existing building industry through standardization, rather than create a new industry;
- to recommend investigations of human, labour, and personnel problems for action by other groups.

In addition to all of these committees, there are four CSA Advisory Councils on codes set up to deal with such matters as the electrical code, plumbing code, fire safety and off-site buildings. These are mostly made up of municipal and provincial officials, responsible for administering various regulations laid down by the authority having jurisdiction in the particular area in question.

CSA provides two basic and distinct services, one of standards development and the other of providing a product-testing and certification service. The former activity is supported primarily from membership fees (1,600 @ \$150.00),

sale of standards, and miscellaneous special projects. The latter is self-supporting, in the sense that costs are recoverable on the basis of fees established for the certification services. Total funds in 1970 were approximately \$6 million. The out-of-pocket expenses of CSA committee members are underwritten by their employers.

(d) Sectional Committee on Computers, Information Processing and Office Machines (CIPOM)

The Sectional Committee on Computers and Information Processing was established in 1965. This committee acted as the senior standards body in computer sciences. On the recommendation of the committee itself, it was replaced in 1969 by the new Sectional Committee on Computers, Information Processing and Office Machines (CIPOM) with broader terms of reference.

In order to achieve a balance of interests, membership of the CIPOM Sectional Committee includes representation from users, distributors, producers and general interests. Individual members are knowledgeable in one or more of the activities involved, and are generally familiar with the overall field.

There are thirteen standards committees or sub-committees reporting to the Sectional Committee. In 1971 there were over forty-seven meetings of the committees. Six new standards were published within that year, and several are in the balloting stage.

CIPOM has an Executive Committee to organize and carry on the business of the Sectional Committee between meetings of the main committee. This committee has representatives from manufacturers, the National Research Council, Defence Research Board, universities and other interested organizations.

The Canadian Advisory Committee (CAC) for the International Organization for Standardization (ISO), through Technical Committees 95 and 97 (ISO/CAC/TC95 and TC97), composed of members of CIPOM, affords Canadian technical participation in international standardization work in related areas. Each CSA standards committee or sub-committee under CIPOM acts as an

Standards

advisory group on international activity within its scope, reviewing documents from international technical committees, collecting Canadian input to these documents, and resolving difficulties that may arise due to uniquely Canadian circumstances — the French/English keyboard for example. In 1970, a total of twenty-three ISO draft recommendations were considered. Delegates also attended two ISO sub-committee meetings.

According to a CSA brief, Sectional Committee members, all of whom volunteer their time, have asked for additional support from CSA in the form of increased administrative assistance. They also require additional technical assistance in the form of analysis and comparison of standards of the ISO, the European Computer Manufacturers Association, and the American National Standards Institute, with those of CSA.

(e) Canadian Government Specifications Board

The Canadian Government Specifications Board is a government-financed and operated organization with the function of preparing standards at the request, and for the use, of government departments and agencies. The Board consists of seven deputy heads of federal government departments and agencies, with standards activities conducted by Technical Committees aided by a Secretariat located within the Department of Supply and Services (DSS). The standards are drafted by committees which are appointed for the commodity field involved, and include representation from interested government agencies and industry. Draft standards are submitted for letter-ballot approval by the Technical Committee, and to the Board for ratification and issue. Some 1,600 have been catalogued to date.

At the present time, although there is representation by the Canadian Government Specifications Board on the CSA Sectional Committee on Computers, Information Processing and Office Machines, there is no single designated federal agency for government standards-making activity in the computer/communications area. However, DSS does have a representative on the COBOL CODASYL Committee, and DSS acts as the Canadian outlet for information on the work of this committee.

(f) Department of Communications

At present, the primary responsibility of the Department of Communications for standards relating to computer/communications technology is in administration of the use of the radio frequency spectrum. Some of the responsibilities are now being delegated to other organizations, such as the Canadian Standards Association. In particular, CSA will be testing and certifying household appliances as meeting minimum radiation emission standards limits set for line-induced radio interference.

The Department maintains effective liaison with the telecommunications manufacturing industry through the Canadian Radio Technical Planning Board (CRTPB). In addition to technical specifications, other factors that the Department considers with the assistance of the manufacturers include:

“1. The relationship between cost of equipment performance standards, and the resulting effect on ability to compete in both domestic and export markets.

“2. The effect of amortization of equipment on inventories due to obsolescence because of new specification requirements.”⁷

3. Standards-Making in the United States

Standards-making bodies in the United States include the American Society for Testing and Materials (ASTM), the American National Standards Institute (ANSI), the Federal Communications Commission (FCC), the National Bureau of Standards (NBS), the Electronic Industry Association (EIA), and the Conference on Data Systems Languages. The first of these, ASTM, even though it does not set standards for computer/communications technology, is of interest because it provides another example of the way voluntary standards-making can be effectively conducted.⁸

⁷ Department of Communications, *Telecommission Study 7(d) The Relationship Between the Department of Communications and the Telecommunications Manufacturing Industry* (Catalogue No. Co41-1/7D; Ottawa, Information Canada 1971).

⁸ ASTM does not have any technical committees working on communications, computers or business machine standards. ASTM standards are prescriptive text methods — not “standards” as defined on page 2 of this text.

Standards

(a) American Society for Testing and Materials

The American Society for Testing and Materials has, in fact, international membership and is unique because it is entirely voluntary and self-supporting. Standards are prepared through the work of 109 Main Technical Committees to which well over 10,000 individuals contribute time and talent. The sub-committees attached to the Main Technical Committees draft standards, and great care is given to attempting to resolve "negative votes".

A proposed standard which has unresolved negative votes may only be approved after full consideration at the highest authority in the Society. The Society also requires that all main committees be composed of members from three general areas: "Producer", "Consumer" and "General Interest" groups, and that the number of Consumer and General Interest members shall exceed in total the number of Producer members. Also a Producer member may not serve as Chairman of any of the main committees. This procedure for maintaining the delicate balance of membership and for resolving negative votes is known as the *Consensus Principle*.

ASTM is apparently the only major U.S. standards-writing body which conforms fully in practice to the Consensus Principle. The main reason for this is the enormous diversity of interested parties in the field of materials standards, which naturally requires a highly democratic standards-making process.

(b) American National Standards Institute

The original prime motivation for the evolution of ANSI was to provide a focal point for standards activity in the U.S., and one of its functions is to take standards prepared by other standards-making organizations and after due deliberation certify them as "American Standards". It is the official standards body for the U.S. and represents the U.S. on such international standards organizations as ISO and IEC. This representation may be achieved directly by sponsoring members of its own Technical Committees to attend international technical committee meetings, or by delegating the responsibility to some other suitable agency. Three Major Councils make up the operating arms of

ANSI: the Member Body Council, the Company Member Council and the Consumer Council. Of these, the Member Body Council is responsible for approving standards, and the other two councils for ensuring liaison and representation of their interest groups in ANSI work.

The Board of Directors, ANSI's governing body, is drawn from the three councils, with four members being nominated by the council members. Within ANSI there exist a number of Standards Boards, each responsible for standardization in a particular area, and for each Board there are a number of Technical Specifications Committees which prepare the standards.

Funds for ANSI are derived from membership fees and the sale of publications.

For the service of the Information Processing Section of industry there exists a Standards Board called the "Information Processing Systems Standards Board", and usually designated Committee X3. This Committee is sponsored by the Business Equipment Manufacturers Association (BEMA), which acts as the Secretariat providing essential administrative support.

The organization of ANSI Committee X3 differs considerably from the corresponding CSA Sectional Committee on Computers, Information Processing and Office Machines (CIPOM). The main differences are the existence in X3 of a Standards Planning and Requirement Committee (SPARC), and the greater overall level of activity within X3. SPARC is responsible for initiating standards work in new areas. Evaluation of the different areas in which standards might be prepared is complicated, and has necessitated the setting up of the SPARC committee specifically for that purpose.

In addition, CIPOM, as its title indicates, has responsibility for office machines standards, while within ANSI there is a separate standards committee, Committee X4, which is responsible for this area.

Standards

(c) Standards-Making for Communications in the U.S.

Many of the standard practices used by the common carriers in the U.S. are administered by the AT&T long lines division. This division in fact establishes technical network policy for all the interstate connections and trunk characteristics. There is close liaison with the Trans-Canada Telephone System (TCTS) in Canada, but the practices adopted by AT&T are not necessarily adopted by TCTS, and *vice-versa*.

(d) The National Bureau of Standards

Under the terms of U.S. Public Law 89-306 (the Brooks Bill), dated October 30, 1965, the Secretary of Commerce is authorized to "make appropriate recommendations to the President relating to the establishment of uniform Federal automatic data processing standards".⁹ The Secretary in turn has assigned the responsibility for carrying out these functions to the Center for Computer Sciences and Technology, an organization within the Institute for Applied Technology, National Bureau of Standards.¹⁰

The Center for Computer Sciences and Technology of the National Bureau of Standards is much more active in the preparation of standards than any corresponding government organization in Canada. As an indication, participation of over 250 U.S. federal government employees in various ANSI X3 committee activities is co-ordinated by the Center, while in Canada participation of about twenty Canadian Government employees in the activities of CSA's Sectional Committee on Computers, Information Processing and Office Machines is not co-ordinated by any Canadian federal government agency.

⁹ United States Department of Communications, *Federal Information Processing Standards Index* (FIPS PUB 12) (SD Catalogue No. C 13 52:12; Washington, D.C. 20402, Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, 1970) p 14

¹⁰ *Ibid.* p 15

The National Bureau of Standards has much less responsibility for standards-making in the area of data communications than it has in the area of computing. That responsibility rests more with the Federal Communications Commission, although it is not a technically oriented body. Thus, the Federal Communications Commission may make use of the technical services available from the Bureau of Standards, although they are under no obligation to do so.

(e) Electronic Industries Association (EIA)

EIA is concerned with standards for electronic equipment. In the computer/communications field perhaps the best-known standard they have produced is RS 232, which specifies voltage levels, physical pin configurations, and pin functions for the interface between communications modems and computers.

While EIA is fairly active in standards-making relating to computers and communications, the corresponding Canadian organization, the Electronic Industries Association of Canada, is much less active in this area.

(f) Conference on Data Systems Languages (CODASYL)

CODASYL was formed in May, 1959. It consists of several inter-locking committees, of which the Programming Language Committee (PLC) has sole global responsibility for formalizing COBOL specifications. Although the CODASYL organization is principally in the U.S., the Canadian federal government has had full membership in the PLC since 1966, and DSS (through the Canadian Government Specifications Board) has printed and published the last three editions of the *Journal of Development* prepared by the PLC. The significance of CODASYL becomes apparent when it is recognized that about 50 percent of all computer programming in the U.S. and Canada is performed in COBOL.

Standards

(g) Standards-Making by Computer Manufacturers

In the United States, computer manufacturers maintain relatively large groups of people who are concerned only with setting standards for the products made by that manufacturer. Each manufacturer has a great deal of freedom to choose the standards to which the various components of his systems will adhere. Standards embedded in the specifications for a particular system are often numerous, as illustrated, for example, in the variety of standards used in the design of the hardware and software of IBM's 360. It is this freedom which makes the standardization process in data processing extremely difficult.

4. International Standards-Making

In situations where there is a great deal of international activity it would be preferable if there were no difference in a particular standard used in one country from that used in another. In practice, however, each country has its own special requirements. In addition, national or regional standards are frequently used as a means of creating economic advantage. Thus, international standards-making involves many problems in attempting to secure agreement among many different interests. In this section some very brief explanations of the activities of several international bodies concerned with standards will be given.

(a) International Electro-Technical Commission (IEC)

The IEC is made up of delegates from National Committees which exist in all forty-one participating countries. It brings together representatives of the technical and scientific groups in each country dealing with questions of electro-technical standardization. The technical work of the Commission is carried out by Technical Committees, each dealing with a major subject. The Secretariat of each Technical Committee, assigned to a National Committee by the IEC Committee of Action, plays a permanent role, working with both the Chairman and the IEC Central Office in Geneva. Standards are released in French and English simultaneously as IEC recommendations, but only when four-fifths of the member National Committees are in agreement. IEC involvement in the computer/communications field is not large.

(b) International Organization for Standardization (ISO)

This organization was established through efforts of the United Nations Standards Co-ordinating Committee (UNSCC), and became operational in February, 1947, upon ratification of a Constitution and Rules of Procedure by fifteen national standardization bodies. ISO is the international specialized agency for standardization, comprising in 1972 the national standards bodies of seventy countries. The work of ISO is aimed at world-wide agreement on standards, with a view to the expansion of trade, the improvement of quality, the increase of productivity and the lowering of prices.

The work is carried out through some 1,200 technical bodies. More than 50,000 experts from all parts of the world are engaged in this work, which, to date, has resulted in the publication of nearly 2,000 ISO standards, representing more than 200,000 pages of concise reference data in virtually all fields of technology.

The International Organization for Standardization has as officers a President, Vice President, Treasurer, and Secretary General. There is an elected Council, with each member holding office for three years. The work of ISO is carried out through Technical Committees, Technical Divisions, a General Assembly, and a General Secretariat.

The General Assembly is made up of delegates nominated by Member Bodies, of which there are fifty-five. It meets at least once every three years. The Council, which is composed of the President and representatives of fourteen Member Bodies, is the administrative organ of ISO. It meets at least once a year to direct the activities of the organization. The General Secretariat, headed by the Secretary General, ensures liaison between Member Bodies and the Council, receives contributions, regulates expenditures and circulates information.

It also co-ordinates the activities of the Technical Committees set up by the Member Bodies, and keeps them informed of related work being undertaken by other international organizations. The Technical Committees are composed

Standards

of a delegation from each Member Body wishing to participate. There are 150 Technical Committees.

When a Technical Committee has agreed on a Draft International Standard (DIS) the General Secretariat submits the Draft to all Member Bodies and then to the Council for ballot approval. ISO TC97 on Computers and Information Processing is the Committee most involved with information processing, although the activities of CSA also relate to activities of ISO Technical Committee 95 (TC95), which is concerned with office machinery. ISO TC97 reported the release of thirty recommendations in the computer/communications area in 1972. The Technical Committees meet annually, as do sub-committees, conducting much of their work by mail. However, working groups, established to examine a particular problem, meet two to three times between each sub-committee meeting. There are a large number of subjects as yet untouched by TC95 and TC97. These include PL-1, extensions to COBOL, data elements, and performance measurement.

(c) International Telegraph and Telephone Consultative Committee (CCITT)

CCITT is part of the International Telecommunications Union (ITU). It examines and recommends international practices for tariff and technical questions related to telegraphy, telephony and data communications. Membership in CCITT is broken into three types: government, recognized private operating agencies and related industrial concerns or scientific agencies. Full voting membership is accredited only to governments. For Canada, the Department of Communications is the government member. The Canadian Telecommunications Carriers Association (CTCA) has recently become an operating agency of ITU, replacing, among others, the Telephone Association of Canada (TAC) and the Railway Association of Canada (RAC).

CTCA will participate in the work of both the CCITT and the International Radio Consultative Committee (CCIR). The Canadian Overseas Telecommunication Corporation will maintain its individual memberships in CCIR and CCITT, and Telesat Canada in CCIR, at least for the time being.

The work of CCITT is handled by specially established study-groups. However, the subject matter for review by the study-groups is established by the Plenary Session of CCITT, held every three-to-four years. At this session the reports and recommendations of the study-groups are reviewed and voted on, and either further study authorized, or new study-groups established. The study-groups conduct much of their business by mail, particularly for submitting position papers. When sufficient material is available, a meeting is called to discuss and resolve points of contention. The work of CCITT now includes considerable effort in the data communications field. For example, "Special A" is a study-group set up to examine the problems arising from using the telecommunications networks for digital data transmission service, particularly between computers. Also, NRD is a Permanent Joint Working Party, established to study new networks for data transmission.

(d) International Federation of Information Processing

In the area of software, little standardization work is currently being performed under the auspices of official international standards-making bodies. However, there have been a number of activities in this area by special groups, and, while the main bulk of the work has been towards programming languages, other topics have received attention.

The International Federation of Information Processing (IFIP) conducts technical work in terminology and programming, and has recently established work in computer applications. The IFIP Technical Committee on Programming has been responsible for the support of ALGOL 60, and the specification of ALGOL 68. These specifications were prepared by a working group chosen for their technical competence by the Technical Committee, which is composed of one representative per country.

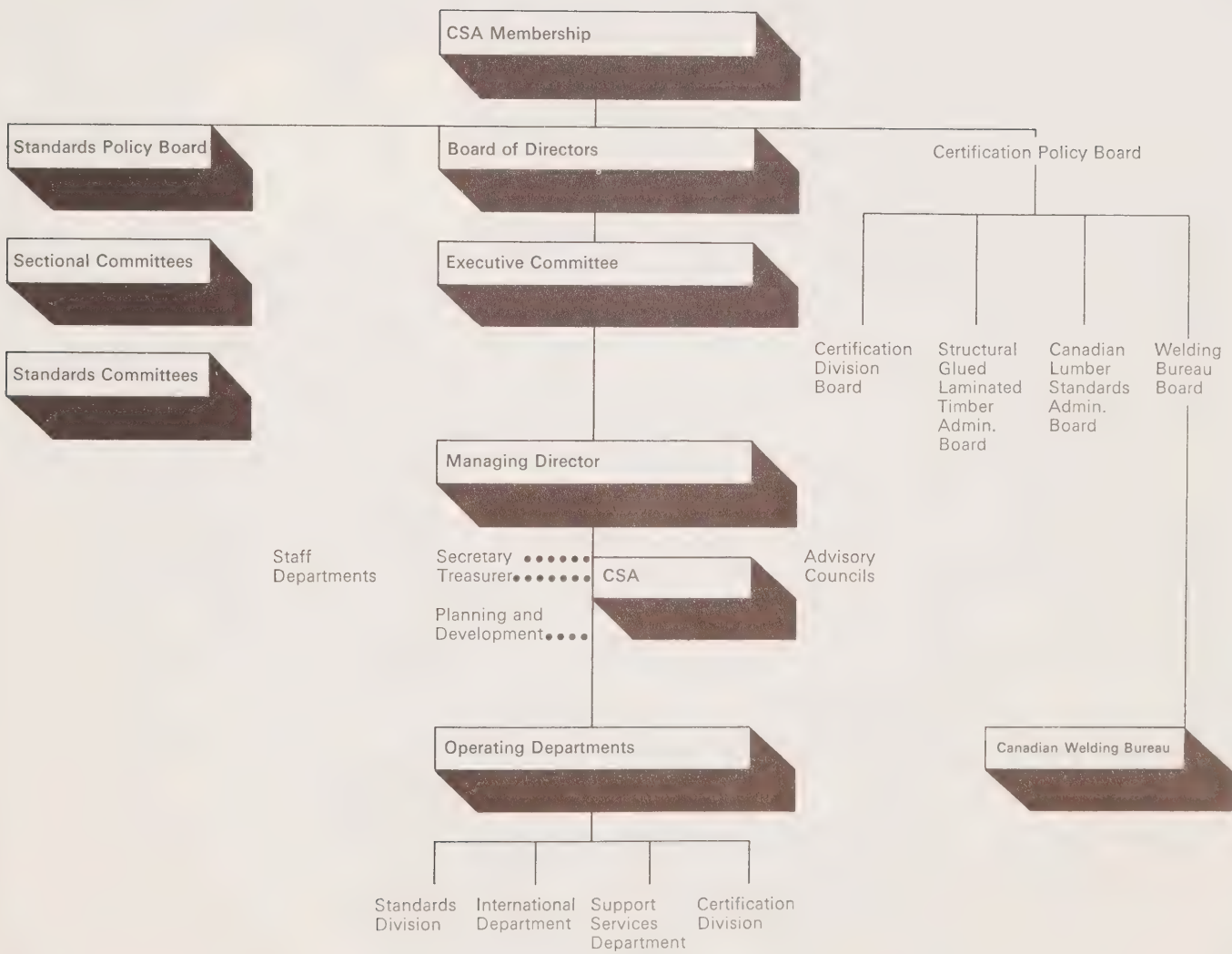
It should be pointed out that IFIP only engages in standards-making activities at the request of recognized international standards-making bodies. In response to such a request, IFIP will establish technical committees to investigate particular areas.

Standards

5. Conclusion

It is important to recognize that computer/communications technology is essentially international in character. Therefore national and international standards must be interrelated. A fully co-ordinated national standardization process is a prerequisite for participation by Canada in the international scene. In fact there are gaps between the different government organizations involved, between government and industry, and between the computer and telecommunications industries. At this early stage in the development of computer/communications, these gaps are not serious but this is nevertheless an opportune time to take note of them, and to consider ways and means for their elimination through joint government and industry planning.

Figure 1
 Organization of CSA



Background
Papers

14

**The
Canadian
Computer/Communications
Task Force**

**Background
Papers**

14

Technological Review of Computer/Communications

**Prepared by:
CCC/TF Ottawa
August, 1972**

Table of Contents

Introduction 1

Part A

Computer Technology 8

1

How Big Will Super-Computers Become? 14

2

The Effect of Large-Scale Integrated (LSI) Circuits 18

3

The Possible Impact of Associative Processing 21

4

The Optical Computer 23

5

Intelligent Machines 24

6

Software 24

7

The Effect of Microprogramming Development 31

8

Memories 33

9

Rapid-Access Memories 39

10

Slower-Access On-Line Memories 43

11

Off-Line Memory 48

12

Terminals 52

Part B

Bibliography 90

**Communications
Technology 58**

1

Long-Distance

Transmission 63

2

Switching 77

3

Local Loops 84

4

Modems 87

Introduction

In this paper an attempt is made to present an overview of the state of the art and of anticipated technological developments in the computer/communications field in the next decade. Following this introduction the paper is broken into two parts which deal with computers and communications technology, respectively. Discussions of solid-state device developments have been included under the computer section, though of course these developments also have an impact on communications technology.

The discussion of particular technological developments is intended primarily to justify cost predictions. Consequently, it is not intended to be comprehensive, though it is hoped that most major developments have been included.

The time-span covered by this paper is restricted to the period ending in 1980. This decision was based on the assumption that devices as yet undiscovered can have only a limited impact before that time.

The first successful digital computer was produced in Germany in 1941¹. However, no further development proceeded from it, so that the first digital computer which caught world attention was the Harvard Mark I, which became operational in August, 1944². One of the early industry forecasters estimated at that time that twelve computers would be adequate to satisfy total U.S. demand. This estimate was later raised to fifty³. Twenty-five years later there were about 50,000 computers in the U.S. alone. There were over

¹ Organization for Economic Co-operation and Development, *Gaps in Technology: Electronic Computers* (Paris, OECD Publications Office, 1969)

² Parkhill, Douglas F. *The Challenge of the Computer Utility* (Reading, Massachusetts, Addison-Wesley Pub Co 1966) For a history of early computers see pp 12-8

³ Diebold, John, *Man and the Computer: Technology as an Agent of Social Change* (New York, Frederick A Praeger, 1969) p48

Technological Review of Computer/Communications

2,400 in Canada, and the estimated world-wide total was approximately 70,000⁴. A brief record of innovation in the computer industry is reproduced from an OECD report⁵ in Table 1.

The Harvard Mark I computer performed logic using electromechanical relays. Multiplication of two twenty-three-digit numbers required 4.5 seconds. The first all-electronic computer, ENIAC, which became operational in 1946, was about two-thousand times faster. In contrast, the fastest computer in existence today (the Control Data Star 100) is capable (at peak efficiency) of performing 100-million multiplications of thirty-two-bit words a second.

This rate is approximately 500-million times faster than the Mark I and about 250,000 times faster than ENIAC! Since 1952 (when computers started to become more generally available on a commercial basis), the average cost for execution of a single instruction has fallen by a factor of about 10,000.

Although computer speeds and costs will continue to improve, some slackening in rate of advancement is to be expected. New technologies now in the laboratory (such as optical processing, Josephson effect devices, associative processing) show promise of yielding order-of-magnitude speed improvement over the decade, while the widespread use of integrated circuits for logic and for rapid-access memory could result in price reductions of up to two orders of magnitude in ten years. However, the existence of these capabilities does not in itself dictate the timing of their arrival in the marketplace. Economic and social considerations also play a role.

As computer technology developed it began to make demands upon the communications field. The late sixties saw much pioneering telephone and telegraph carrier activity for the purpose of adapting their networks to carry data in digital form. This work is continuing amidst increasing pressure for separation of data from voice-systems. Some users want performance

⁴ AFIPS *The State of the Information Processing Industry* (Montvale, N.J., AFIPS Press, 1966)

⁵ OECD *op cit*

Technological Review of Computer/Communications

characteristics from data communications systems which can be economically met by digital network technology. Some of this technology, *e.g.*, Pulse Code Modulation (PCM), is well advanced, and has already demonstrated economic advantage for voice transmission. Development of suitable technology and economic performance for data transmission will be needed to complement advances in computer application.

No introduction to the technology of computer/communications would be complete without reference to software. Whereas it is probable that the largest single overall possible source of cost-reduction in computers appears likely to come about as a result of savings in storage costs, these can be influenced by software. Indeed, during the next decade the increasingly high proportion of expenditures on software will bring new pressures to bear on methods of making software writing more efficient.

Greater portability of software, to permit wider usage of any given program, is one obvious goal. This trend, coupled with a tendency towards distribution of computing elements within a total hardware system, is likely to lead to increased modularity of software. Computer languages (and computer hardware instructions) will continue to become more sophisticated so that program complexity can be reduced. Auerbach⁶ has discussed the likelihood of computer-assisted program design as a possible breakthrough to more efficient programming. Considerable effort will be required to reduce programming error rates, and to improve the level of understanding of the ways in which interactions between program elements can be controlled if large and complex programs are to become widespread.

⁶ Auerbach, Isaac L., "Technological Forecast, 1971", *Proceedings of the IFIP Congress, Ljubljana, August 1971* (Amsterdam, Netherlands: North-Holland Publishing Co., 1972), pp 764-75

Table 1**The Main Inventions and Innovations in the Computer Industry**

(A = theoretical advance, B = first application, C = first commercial application)

Description	Type, Country and Year	Responsible Firm or Individual	Remarks
1. General theory of computers	A. France 1936	L. Couffignal	Unknown outside France
	Germany 1936	K. Zuse	No publications. Totally unknown
	United Kingdom 1937	A. M. Turing	Relatively important influence
2. First electronic computer	B. Germany 1941	K. Zuse	Z3 computer. Little known outside Germany
	United States 1946	J. P. Eckert and J. W. Mauchley	ENIAC. Important work was also done by G. Stibitz at Bell Telephone (1940), H. Aiken and IBM at Harvard (1944) and V. Bush at MIT (late 1930's and early 1940's)
	C. United States 1951	Remington Rand	UNIVAC I
3. Internally stored program	A. United Kingdom 1937	A. M. Turing	MADM } EDSAC } Close scientific interchange UNIVAC I } between the United States and the United Kingdom
	United States 1946	J. von Neumann (Univ. of Pennsylvania)	
	B. United Kingdom 1948	Univ. of Manchester	
	1949	Univ. of Cambridge	
	C. United States 1951	Remington Rand	
4. Subroutine concept	A. United Kingdom 1937	A. M. Turing	
	United States 1946	J. von Neumann	
5. Read-only memory	A. —	—	The read-only memory has been used in automatic telephone exchanges
	B. United States 1946	J. P. Eckert and J. W. Mauchley	ENIAC computer. Limited storage
	United Kingdom 1949	University of Cambridge	EDSAC II computer. Storage of the entire control information
	C. Several countries	Most manufacturers	
6. Associative memory concept	A. } United States 1946	V. Bush	ATLAS } 360-67 } The full possibilities of associative memories have not yet been exploited
	B. } United Kingdom 1952	Ferranti	
	C. } United States 1965	IBM	
7. Microprogramming	A. } United Kingdom 1948	University of Manchester	} Close interchange
	B. } United States 1948	University of Cambridge IBM (J. Backus), U.S. Navy (G. Hopper)	

Table 1

The Main Inventions and Innovations in the Computer Industry

(**A** = theoretical advance, **B** = first application, **C** = first commercial application)

Description	Type, Country and Year	Responsible Firm or Individual	Remarks
8. First compiler (A2)	B. United States 1951	U.S. Navy (G. Hopper)	In the late 40's, Grace Hopper worked in the U.K. UNIVAC I: first computer to have a compiler
	C. United States 1951	Remington Rand	
9. FORTRAN language	B. United States 1953-1954	IBM Users Association (SHARE) and IBM	First FORTRAN compiler written by J. Backus of IBM
	C. United States 1954	IBM	
10. High-speed drum printer	C. France 1954	Bull	First application of the "on the fly" principle for printing
11. Ferrite core memory	A. } United States 1955	MIT (Lincoln Laboratory)	Important work was also done at Harvard
	B. }		
	C. } United States 1956	Remington Rand, then IBM	UNIVAC 1103A, IBM 704 and 705
12. Transistorized computers	A. United States 1947	Bell Telephone	Discovery of the transistor effect in 1947
	B. United States 1956	Bell Telephone	Leprechaun computer
	C. United States 1958	Philco, IBM, GE	Philco 2000, IBM 7090, ERMR system
	United Kingdom 1959	Elliott	Elliott 803
	Germany 1959	S.E.L.	ER56 computer (S.E.L. is a subsidiary of the American ITT)
13. ALGOL language	B. Several countries 1958	ACM (USA) and GAMM (Germany)	ALGOL was jointly developed by American and European specialists convened in Zurich, Switzerland. The first ALGOL compiler was written by Dijkstra of the Netherlands. ALGOL was subsequently adopted by most manufacturers, and is presently more widely used in Europe than in the U.S.
	C. All countries after 1958	Several manufacturers	

Table 1

The Main Inventions and Innovations in the Computer Industry

(**A** = theoretical advance, **B** = first application, **C** = first commercial application)

Description	Type, Country and Year	Responsible Firm or Individual	Remarks
14. Multiprogramming	C. United States 1960	Honeywell	H800 computer
	United Kingdom 1962	Ferranti	Orion I computer
			} No interchange independent developments
15. COBOL language	B. United States 1960	U.S. Department of Defence	
	C. Several countries after 1960	Most manufacturers	
16. Family of compatible computers	B. United States 1955	U.S. Army	FIELDATA plan.
	C. United States 1963-1964	IBM, Honeywell, RCA, GE, CDC	IBM 360 series, CDC 3000 and 6000 series, Honeywell H 200 series, RCA Spectra 70 series
17. Time-sharing	B. United States 1964	MIT, Dartmouth College, GE	Civilian application (Project MAC)
	C. United States 1966	GE, then several large U.S. manufacturers (IBM, CDC, etc.)	

Sources:

U.S. reply to check-list, Appendix 3.1.	Chronology of computing in Africa, Asia, Europe and Latin America by J. Connolly, New York, 1968.	Discussions and correspondence with experts O.E.C.D. Visits to companies.
---	---	--

Technological Review of Computer/Communications

Finally, it is to be noted that new software concepts are already firmly re-established in the design and operation of the new electronic switching systems, where stored software programs for switching control are now being introduced into the voice telecommunications systems of the carriers. Thus the marriage of computer and communications technologies is already evident.

Part A

Computer Technology

A new form of computer hardware which has an assured future is the mini-computer. As the price of the basic mini-computer comes down, the number of applications where its use is economic multiplies. Applications vary from industrial control, typesetting, patient monitoring and traffic control through conventional small business data processing to their use as communications controllers, "intelligent" remote computer terminals and peripheral controllers on large computer-systems. Mini-computers of considerable versatility are now available for under \$3,000 (without peripherals), and it is clear that their price will continue to decline.

Manufacturers of super-computers will be increasingly involved in fighting for a share of medium- to large-computer business. It seems unlikely that super-computers will ever supplant the latter — there will always be a requirement for both, but, on balance, a faster growth-rate for super-computers than for medium- to large-computers seems probable. The arguments and counter-arguments which led to this conclusion are listed below⁷.

Some of the arguments which have been advanced in favour of growth of medium- to large-computers are as follows:

- Grosch's Law does not hold, *i.e.*, computing capacity does not quadruple for every doubling of expenditure on computing equipment, largely because monitor software overheads dilute (and, some argue, completely compensate for) speed gains in the computing hardware.
- Computing costs will decrease very much faster than communications costs; thus the cost of communications will become an ever-increasing fraction of total costs for remote computing operations, which, in turn, will severely limit the radius of operation of remote-access computing facilities.

⁷ Smith, William D. "Future of the Computer Is Assessed". *New York Times* (August 5, 1971), pp 45&50 (in which a similar conclusion was reported and attributed to F G Withington of Arthur D. Little, Inc.); and *Computer Based Services of the Seventies* (Trans-Canada Telephone System, Ottawa, July, 1971)

Technological Review of Computer/Communications

- Adequate security of files cannot be provided for users of computer-service bureaux, so that most of them will want an in-house computer-system which can give them that protection. Few users are large enough to justify use of a private super-computer.
- Unless he has his own computer, the user cannot ensure that rush jobs receive the appropriate treatment, and, more generally, he is, in a sense, at the mercy of the computer-service vendor with regard to what is usually a vital segment of his operations.

- These problems make it evident that users will want their own computing systems.
- There is a prestige associated with the possession of a computer, and individual businesses and departments will fight for in-house computers for this reason, though the decision will be rationalized on other grounds.
 - Because of the vital importance of good communications between computer programmers and those initiating the job, it is essential to have the computer located on the business premises.

Some of the arguments and counter-arguments which have been advanced by the proponents of the super-computers are:

- Grosch's Law does hold, at least for another generation of computers. While acknowledging that experience has been bad with third-generation computer monitors, which commonly require from 25-to-50 percent of Central Processing Unit (CPU) time, proponents of the super-computer argue that this lesson has been learned, and that the new super-computers will allocate the bulk of monitor overhead operations, either to much smaller peripheral computers, or to specialized hardware. Furthermore, hardware economies of scale will continue to hold.
- Although communications costs are likely to decrease much more slowly than computer costs, it can be argued that if communications facilities were better adapted to data transmission, communications costs could be considerably reduced. Further, many urban centres have enough computing requirements to easily satisfy the appetite of the next generation of super-computers, so that only low-cost local transmission need be involved for the majority of users.
- Most computer-service bureau operators will hotly defend the sanctity, or potential sanctity, of data manipulated on and stored by these organizations. They claim that the data security problem is more mental than actual, and that, where necessary, a few loose ends can be tied up at only slight additional cost (which they claim a customer is seldom willing to pay). In fact, most service bureaux have much better data security procedures than their customers.
- It is clear that the computer owner has ultimate control over the use of his computer at any given time. Super-computer advocates acknowledge this fact, but claim that it is a luxury that few will be able to afford. They also argue that by implementing a system of job priorities (with differential charges and runtime limitations when appropriate) and, if necessary, by assuming contractual obligations, the vendor can supply the user with the service he requires.
- The "prestige-of-computer-ownership" argument is countered on the grounds that obsolete practices soon lose prestige value in a business environment.

Technological Review of Computer/Communications

- Super-computer proponents maintain that the requisite system reliability (through duplication of hardware and careful maintenance) can more easily be obtained in large centralized facilities. Protection of files and of the computer facilities themselves from riot or revolution can likewise be more economically ensured. (On the other hand, the mere concentration of so much information and processing power in one central place makes super-computers a much more desirable target for revolutionary activity.)
- Although it may well be important to keep system programmers physically close to those whose job requirements they are fulfilling, this no longer means that the computer itself must be located on the same premises. A wide range of versatile remote-access computer terminals is available to system programmers. An even wider range of terminals is anticipated.

In balance, it would appear that demand for super-computers will increase faster than demand for the "middle-of-the-line" computers.

Concurrent with super-computer growth, and probably more startling, will be the growth of intelligent remote terminals controlled by mini-computers of varying sizes. Indeed, intelligent terminals will probably increasingly release the central processing unit from mundane tasks, which may well include the execution of the less demanding jobs submitted through it, as well as the communications control function.

Relative growth-rates (projected and actual) for different computer sizes are shown in Figure 8, *Branching Out*, Volume 1.⁸

The best-known empirical work on the relationship between computer cost and size was performed by Knight⁹. His original work was done in the middle 1960's, at a time when Grosch's law was under heavy attack. He was able to show not only that Grosch's law was quite accurate for any given year, but also that the number of operations executed per dollar had also increased at a phenomenal rate.

⁸ Report of the Canadian Computer/Communications Task Force, *Branching Out* (Department of Communications Ottawa: Information Canada, 2 Vols., May 1972)

⁹ Knight, K.E., "Changes in Computer Performance", *Datamation*, Vol 12, No 9 (September, 1966), pp 40-54; and Knight, K.E., "Evolving Computer Performance 1963-1967", *Datamation*, Vol 14, No 1 (January, 1968), pp 31-5

Technological Review of Computer/Communications

Economies of scale within the IBM 360 series of computers were investigated by Solomon¹⁰. He found that, except for programs which are heavily input/output oriented, Grosch's law is surprisingly accurate. Solomon went on to report that a survey had demonstrated additional personnel salary savings at large installations.

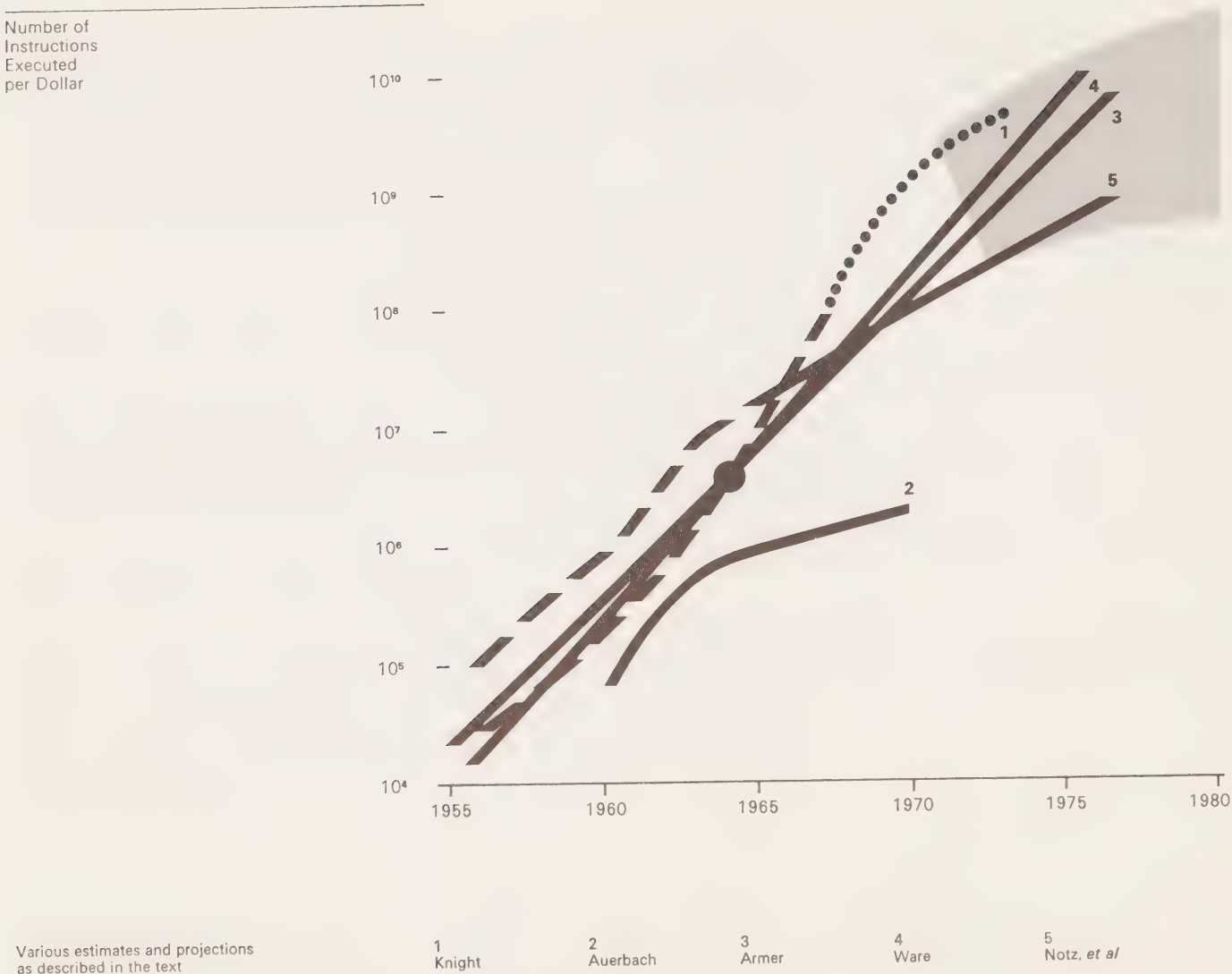
In Figure 1 the rate of improvement of computer performance (estimated in number of instructions executed per dollar) has been plotted. Several curves from different sources are shown. It can be seen that there is little agreement on any absolute value for the cost of instruction execution for any given year. This is to be expected, since costs vary over a very wide range depending on the computer type, and the particular configuration of the equipment and the application. There is reasonable agreement on the slope of the curve, though the Auerbach study¹¹ suggests a somewhat slower performance improvement for the relatively slow machine for which the figures were compiled. In general, the rate of performance improvement for computers is unlikely to exceed the rate of performance improvement for logic circuits (Curve 5) which are such a vital part of the computer. Thus it is unlikely that the steep slopes indicated in Curves 3 and 4 can continue for long. The graph clearly demonstrates the enormous cost-reductions achieved over the last fifteen years (a factor of about twenty thousand).

Curve 1 shows the cumulative improvement reported by Knight. The curve has been extrapolated to show an "optimistic" forecast of progress in the next decade. Knight's figures (as derived) do not provide an absolute value, but

¹⁰ Solomon, Martin B. "Some Computer Economics: Economies of Scale", *Proceedings of the 1971 Data Processing Institute Conference* (Ottawa, 1971), pp 223-9

¹¹ Auerbach Technology Evaluation Service, *Computer Software* (EDP Series No. 7; Philadelphia, Pennsylvania: Auerbach Information Inc., 1971)

Figure 1
 Number of Instructions
 per Dollar *versus* Year



Technological Review of Computer/Communications

they have been "normalized" to a value of 5×10^6 instructions per dollar in 1964 (as estimated from data provided elsewhere in his paper)¹². The relative values themselves were derived from an evaluation of over three hundred computers. Curve 2 shows figures given by the Auerbach Corporation¹³ for a computer capable of 10,000 operations per second (*i.e.*, a slow machine). Curve 3 depicts a prediction by Armer quoted in Kimbel¹⁴ that the cost of raw computing power has declined and will continue to decline by an order of magnitude every four years. Armer's prediction has been normalized to 5×10^6 instructions per dollar in 1964 as well. His rough estimate agrees well with that of Willis Ware of the Rand Corporation (Curve 4)¹⁵ that by 1975 there will have been a 200,000-fold reduction in the unit cost of calculation over a time-span of two decades. (Ware also predicted a 160,000-fold increase in installed capacity over the same period, concurrent with a 10,000-fold decrease in size and a 40,000-fold speed increase.)

Finally, Curve 5 shows the actual and predicted decreases in the cost of electronic components of the computer, as converted into instructions per dollar by Notz, *et al*¹⁶.

Because of the enormous variety of computer-systems (tailored to perform a variety of different tasks) which are now on the market, it has become very difficult to conceive of an adequate measure of computing power which is at the same time practical to use. Measurements of the type undertaken by Knight are no longer practical, except within specified ranges of computer

¹² Knight, K.E., "Evolving Computer Performance 1963-1967", *Datamation*

¹³ Auerbach Technology Evaluation Service, *op. cit*

¹⁴ Kimbel, Dieter, *Computers and Telecommunications — economic, technical and organizational issues* (OECD Publication No. DAS/SPR/71 63; Paris, November 24, 1971, CONFIDENTIAL), pp 51-2

¹⁵ Ware, Willis H., *On Limits in Computing Power* (Document No. P4208; California, The Rand Corporation, October 1969)

¹⁶ Notz, William A.; Schischa, E.; Smith, J.L. and Smith, M.G., "Large Scale Integration — Benefitting the System Designer", *Electronics*, Vol 40, No 4 (February 20, 1967), pp 130-3

Technological Review of Computer/Communications

types. Knight himself has refused to update his work for computers introduced subsequent to 1967 on these grounds. Nonetheless, the curves in Figure 1 probably give a fair indication of the startling price reductions in computer processing over the last fifteen years, even if the absolute values are themselves open to some question and difficulty of interpretation.

1. How Big Will Super-Computers Become?

The next decade will see a continuing increase in the operating speed of super-computers (the speed increase in terms of instructions per second was by a factor of about twenty during the last decade)¹⁷. The technology to support a further speed increase of similar magnitude is already in the laboratories.

Figure 2¹⁸ depicts the growth-rate of large computers.

The measure of computing power used in this case is the product of computing speed and memory capacity for the largest computers existing in each time-period. Three points have been added to the original plot in an attempt to update it (the CDC 7600, the IBM 360/195 and Star 100). It would appear that, by this measure, there has been some recent slackening in the growth-rate.

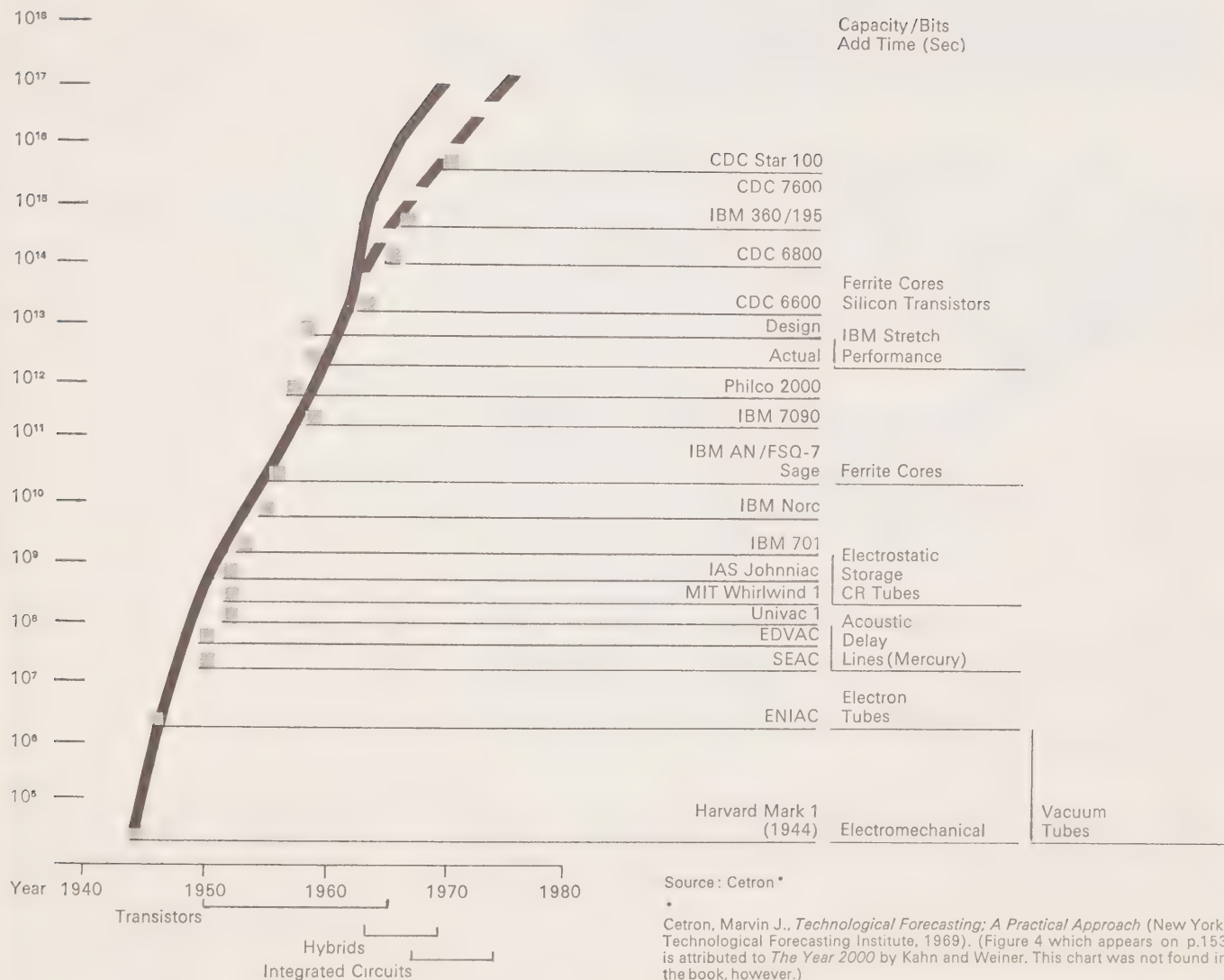
In Figure 3, a plot of computing power using number of instructions per second only as the measure¹⁹ is shown.

¹⁷ Martin James and Norman, Adrian. *The Computerized Society: an Appraisal of the Impact of Computers on Society Over the Next Fifteen Years* (Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, Inc., 1970)

¹⁸ Knight, K.E. "Changes in Computer Performance", *Datamation*

¹⁹ Martin James and Norman, Adrian. *op. cit*

Figure 2
Computer Trends



Technological Review of Computer/Communications

Straight-line extrapolation from this plot appears to be pessimistic, since the Star and ILLIAC IV computers both fall well above this line. However, it is possible that the observed rate of progress will continue.

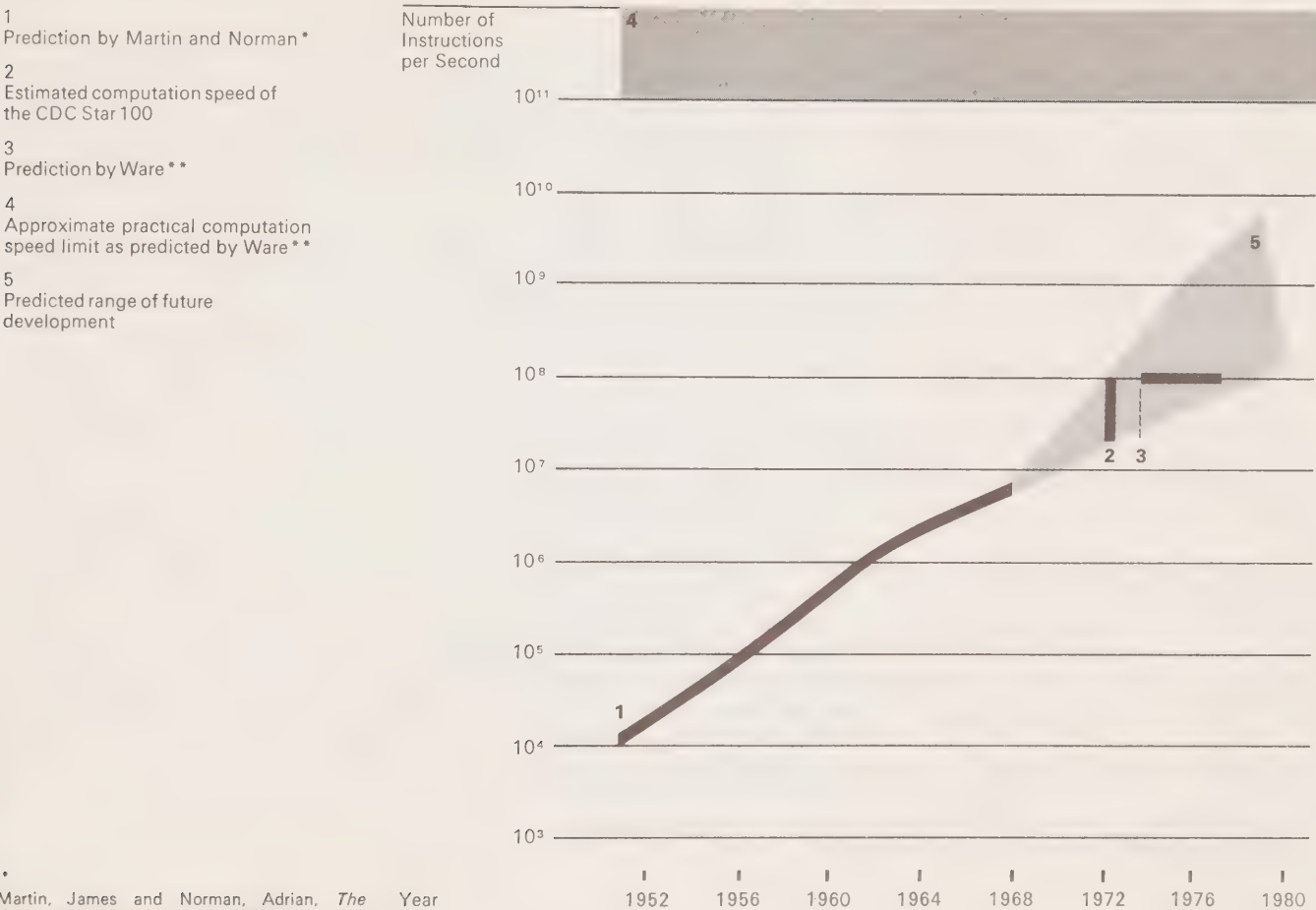
The Star computer employs a type of organization known as pipeline processing, which is somewhat analogous to a car assembly line. Each individual instruction takes 1.28 microseconds to execute; however, execution requires a number of steps. A new operation can enter the assembly line or pipeline as soon as the previous instruction has completed the first step. Thus, as long as the operations are all of the same type, the work throughput is very high (up to one hundred million multiplications a second). If, however, the instruction type is changed, then the pipeline must be cleared out before the new instruction starts.

The ILLIAC IV employs a number of separate processors which operate in parallel in order to achieve its high speeds (sixteen parallel processors in the first machine). It has a similar limitation to the Star, in that in order to achieve the benefit of the parallel processing, all instructions must be of the same type (for example, all must be floating point additions). It should perhaps be mentioned that Star too has up to four parallel processing streams, although it is normally thought of as the archetype of a pipeline machine.

While there is no question that repetitive processing of the type required to take advantage of pipeline or parallel processors is encountered in many classes of problems, there are many others in which it is not. Furthermore, in order to boost the efficiency of these processors, software specially tailored to their architecture will be required. It remains to be seen to what extent this will be possible.

In summary, then, it appears that some slowdown in the rate of increase of speed of computers is to be expected. However this is unlikely to seriously affect the tendency towards very large computing installations (perhaps containing several computers), since there are economies to be derived from

Figure 3
Increase of Speed for High-Speed Computers



• Martin, James and Norman, Adrian, *The Computerized Society; an Appraisal of the Impact of Computers on Society Over the Next Fifteen Years* (Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, Inc., 1970).

•• Ware, Willis H., *On Limits in Computing Power* (Document No. P4208; California, The Rand Corporation, October, 1969).

Technological Review of Computer/Communications

centralized facilities independent of Grosch's law effects, *e.g.*, from shared use of large peripherals, reduced labour requirements and higher utilization.

The ultimate limits of computing power have been a matter for some conjecture. Ware²⁰ estimates that "...by 1975 or so machines ought to operate to 10^9 operations per second" and suggests that the ultimate practical computer will be speeded up by a factor of from 10,000 to 100,000 over those available in 1969 (five-to-six million instructions per second). These predictions have been shown at the top of Figure 3.

2. The Effect of Large-Scale Integrated (LSI) Circuits²¹

In quick procession, computers have moved from using tubes to perform their logic functions (first generation), to transistors (second generation), to integrated circuits (third generation), and now the move to medium- and large-scale integrated circuits has begun.

The move to LSI circuits has been slower than many had anticipated, but it is nonetheless evident. The first large-scale applications are in electronic memories, since these generally consist of large arrays of identical sets of components. Widespread use of LSI technology in central processing units will be longer in coming, due to the difficulty of providing each computer designer with a LSI circuit to his specifications at reasonable cost.

Discretionary wiring techniques, which were initially designed as a means to improve the yield²² in LSI manufacture by automatically changing circuit interconnections on individual chips to circumvent faulty components, can give the designer some of the flexibility he wants.

²⁰ Ware, Willis H., *On Limits in Computing Power*

²¹ Integrated circuits are electronic devices wherein an entire circuit — *viz.*, several transistors, resistors, capacitors and interconnections — is fabricated on an extremely small "chip" of silicon. LSI is the simultaneous fabrication of 100 or more of such integrated circuits into one chip.

²² The term "yield" refers to the percentage of good devices manufactured. Successful manufacture requires closely controlled environmental conditions in order to achieve acceptable yields.

Technological Review of Computer/Communications

It is also likely that design philosophies will change when it becomes substantially cheaper to adapt to a LSI chip which perhaps does more than is desired a little more slowly, than to use fewer active elements to build a "more efficient" but much more expensive computing element using integrated circuits.

The advantages of LSI are primarily in potential cost-savings, but volume reductions and speed improvements are also possible with this technology. Substantial improvements in equipment reliability are expected to be another important benefit from LSI. Notz, *et al*²³, estimate that the number of circuit failures per 1,000 hours has been decreasing by a factor of ten every five years since 1950. By greatly reducing the number of external circuit interconnections (which are one of the major causes of system failure), LSI can continue this trend towards greater reliability.

Cost-savings are strongly dependent on the ability of the producer to obtain a large production run, since the technology is characterized by considerable development costs. The decline in average unit costs of semiconductor circuits is shown in Figure 4.

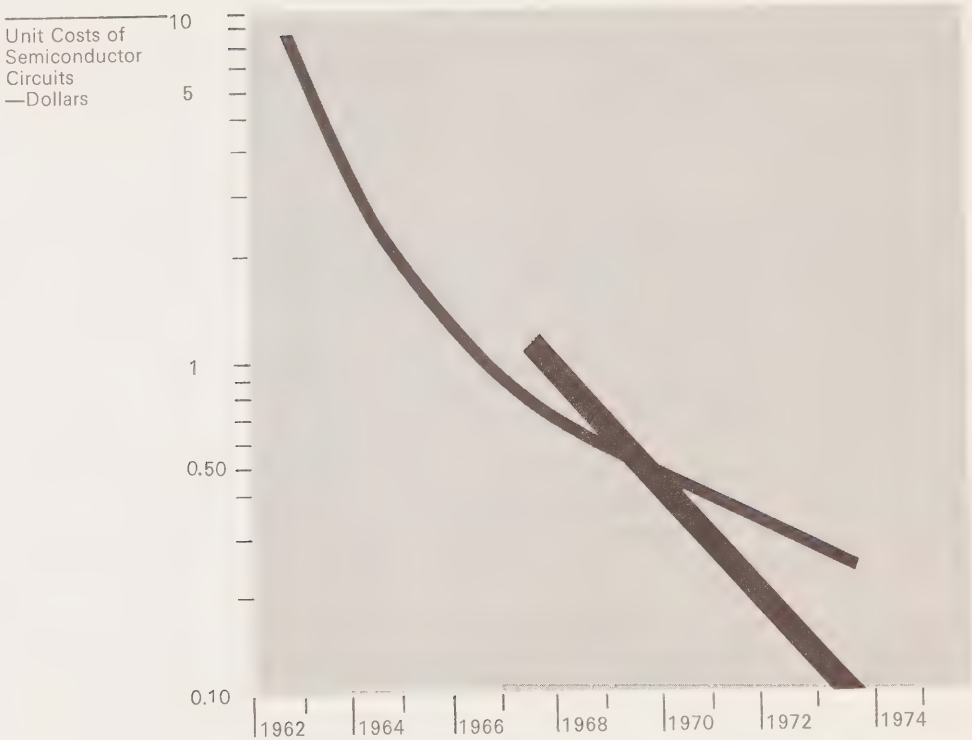
It has been estimated that between 1948 and 1970 there has been a reduction in the physical size of electronic circuits by a factor of approximately 100,000. Component densities of 50,000 to 150,000 per square inch are obtainable today. If the same packing density could be obtained throughout a cubic inch, the component density would be about one-fourth the density of nerve cells in the human brain²⁴. As already mentioned, Ware²⁵ estimated in

²³ Notz, William A., *et al*, "Large Scale Integration — Benefitting the System Designer", *Electronics*

²⁴ Heath, F.G., "Large-Scale Integration in Electronics", *Scientific American*, Vol 222, No 2 (February, 1970), pp 22-31

²⁵ Ware, Willis H., *On Limits in Computing Power*

Figure 4
Unit Costs of Semiconductor Circuits



Integrated Circuits

Integrated Electronic Components*

Source: Stanford Research Institute**

* Equivalent to Medium-Scale Integration (MSI)

** Zeidler, H. M.; Lipinski, A. J.; Moll, L. J.; Shapiro, E.B.; Kent, W. A. and Wensley, J. H., *Patterns of Technology in Data Communications* (Stanford Research Institute Report No. 7379B-4) (Prepared for the Federal Communications Commission, Washington, D.C.) (Menlo Park, California, Stanford Research Institute, February, 1969).

Technological Review of Computer/Communications

1969 that there would be a 10,000-fold decrease in the size of electronic circuits in the two decades between 1955 and 1975. Ultimate “conceptual limits” for circuit densities of 16,000 gates per square inch have been quoted²⁶.

Speed improvements do not necessarily follow from greater component density. The ultra-fast computers were still being built with discrete components long after the introduction of integrated circuits (*e.g.*, the CDC 7600 announced in 1969). The reasons were that better component matching and increased design discretion were possible with discrete components. As circuit-switching speeds increase, the importance of the length of interconnecting leads increases correspondingly. It takes approximately 10^{-9} seconds for an electrical signal to travel one foot. Ultimately, ultra-fast computers will have to use LSI technology. In the mean time, manufacturers of ultra-high-speed equipment may well refrain from using LSI in critical circuits. This situation could well continue over the decade.

3. The Possible Impact of Associative Processing

Associative memories have been under investigation and development since 1957. The basic concept involves access of storage by specification of the contents of storage locations, rather than by specification of addresses of locations. Such memory systems usually contain additional control facilities to speed up accessing where not all of the storage is involved.

All words requiring a search are interrogated at the same time and all words which match the search criteria set a switch in a response register. Thus, assuming three machine cycles to set the selection criteria, only one more cycle is needed to interrogate all (or a selected portion) of the storage.

Because the logical tests are essentially performed at each memory location,

²⁶

Zeidler, H.M.; Lipinski, A.J.; Moll, L.J.; Shapiro, E.B.; Kent, W.A. and Wensley, J.H., *Patterns of Technology in Data Processing and Data Communications* (Stanford Research Institute Report No. 7379B-4) (Prepared for the Federal Communications Commission, Washington, D.C.) (Menlo Park, California, Stanford Research Institute, February, 1969)

Technological Review of Computer/Communications

instead of the more usual process of reading each word out of the memory in serial fashion and performing the tests in the central processing unit, each word of an associative memory contains some logic circuitry of its own. For this reason, associative storage is more expensive than conventional memory, but it can carry out complex search operations much more quickly than conventional memories. The cost trade-off is involved with the time of parallel operation *versus* conventional serial operation.

The major areas of use of associative memories are:

- buffer memories
- peripheral memories
- primary memories

Buffer-memory use is in current practice. The IBM 360, Model 85 uses a large (up to 32,768 16-bit words) associative memory to improve the performance of a machine whose primary memory is quite slow.

Similar use of associative memories is made in modern, very high-speed computers for special internal registers, and in various advanced peripheral devices, such as modern disc units with special search capabilities. This type of application will be relatively standard in many computer-systems within the next four-to-five years.

During 1972, Rome Air Development Centre is expected to go out for bids on a system which has 4,096 words of 288-bit primary associative memory with a fast 10^8 -bit backup memory. The primary memory can be loaded in 100 microseconds. This system is expected to be capable of a search through all 4,096 words (or some field within the words) in 100 nano-seconds. It is expected that the system will take four-to-five years to complete.

The concepts which were being explored in 1957 are beginning to come to fruition. However, before associative memory hardware can realize its full potential, new programming techniques and methods will have to be developed, along with new methods of solving problems. In addition, these methods and techniques will have to be embodied in compilers handling existing languages, so that the broad majority of computer users will not be

required to undertake extensive retraining. The time-scale for such developments is long, even if some of the best developmental talent available today is applied to the task. For these reasons, it is not felt that systems using associative memory for primary storage will have a significant impact in the next ten years. At the end of the decade the situation may change due to pressure from users of large data bases.

4. The Optical Computer

The Laser Computer Corporation (formerly Computer General Inc.) claims to have developed an optical computer with performance specifications which can only be labelled fantastic. The computer, called the CG-100, was originally scheduled for delivery to the first customer in May, 1971. What the final delivery date will be is uncertain.

Details of the machine are a closely-guarded secret, but the computer is said to have a main storage of 10^{13} bits with a read/write cycle time of twenty nano-seconds. Storage costs are supposed to be of the order of 10^{-7} cents per bit, and the purchase price for the computer is said to be \$1.6 million, or about 10 percent of the cost of an IBM 360/195 which has a memory one-three-hundred-thousandth the size of the CG-100 memory (*i.e.*, 32.5 million bits)²⁷.

There is some skepticism about the ability of the company to produce the computer. Nonetheless, most experts agree that the computer is theoretically possible as a laboratory model. The skepticism originates from doubts about the ability of anyone to produce such machines commercially at this time.

At the time of going to press, it would appear that this venture has not been able to fulfill its promises. However, such concepts as these do indicate the extraordinary potential of computer technology.

²⁷ Weber, Samuel and Parkinson, Gerald. "Optical Computer Reads Like a Dream". *Electronics*, Vol 44, No 7 (March 29, 1971), pp 81-2; and, Myers, Edith. "He Dreams the Impossible Dream or Does He?". *Datamation*, Vol 17, No 13 (July 1, 1971), pp 52-3

Technological Review of Computer/Communications

5. Intelligent Machines

Although they are most unlikely to be in general use during the next decade, work on so-called "intelligent processors", or processors with a learning capability, is proceeding on both sides of the Atlantic. Simulation work for such processors has continued for some time, and adaptive microcircuits are now being produced in reasonable quantities. It is claimed²⁸ that, by combining these adaptive elements into large arrays with electrical feedback, learning processes analogous to human learning can be achieved. At the University of Kent in England, a rudimentary array of these adaptive devices has been "trained" to recognize some distorted consonant sounds and to produce the perfect sounds at the output, all for a small fraction of the cost incurred using a conventional computer to perform the pattern recognition and clean-up process.

6. Software

Although concrete figures are difficult to uncover, there is no doubt that software costs comprise a very large fraction of total computer-system costs. An often quoted rule-of-thumb is that a computer manufacturer can expect to spend approximately equivalent amounts in software and hardware development of new computers. Once the new computer is in the hands of the individual user, he is likely to expend a further 50 percent to 100 percent of his computer hardware costs in application programming effort.

Frost and Sullivan²⁹ estimated that the cost per instruction for an average program has dropped 25 percent in the past ten years, and may drop a further 25 percent in the next ten years. Although this is not a very large drop in programming costs, there have in fact been enormous improvements in programming technology, and further substantial developments are expected to occur in the future. The reasons why these have not been reflected in lower costs will be discussed below, after first describing some of the factors which lead to advances in programming technology.

²⁸ Aleksander, Igor. "Electronics for Intelligent Machines". *New Scientist and Science Journal*, Vol 49, No 742 (March 11, 1971), pp 554-5

²⁹ In a recent study quoted in *Computerworld* (December 22, 1971)

(a) Improvements in Programming Technology

One of the most important factors is the use of more powerful and concise programming languages. In this respect, one of the best languages is A Programming Language (APL), which shortens the length of the programs that the user must write by between one and two orders of magnitude in general, and by as much as three orders of magnitude in special cases. By way of comparison, Fortran programs are typically four times shorter than the corresponding machine language programs. Specialized programming languages and packages of sub-routines can offer even greater brevity of expression to the user in particular cases. For example, there have been dozens of languages developed for various kinds of simulation which relieve the user of the details of scheduling events in the simulation, allowing him to concentrate on the logical relationships between events. As another example, large integrated packages of sub-routines for civil engineering calculations are finding wide application in the design of buildings and highways.

Another of the factors leading to some reduction in programming costs has been the development of a number of systems or languages for use by systems analysts in formulating descriptions of programs or systems at a suitable level of detail. The amount of detailed work required of a systems analyst (whose job it is to prescribe the method of solution of a problem, leaving to the programmer the job of implementing his solution) should be just enough so that the programmer can proceed without additional information. Many companies have attempted to create a formal system of communication between the systems analyst and the programmer, primarily to regularize the systems-analysis function and make it more amenable to management. In Canada, a successful example of such a system is the SCOT program developed by Great West Life in Winnipeg. It has been successfully marketed to over forty companies. It seems likely that, in the next few years, standards-making bodies will work toward a standard system specification language, making use of many of the common elements of languages now in existence.

Technological Review of Computer/Communications

A third important factor in improving programming technology is the easy availability, through modern operating systems, of an ever-increasing library of commonly used sub-routines, utilities and programming aids, often provided at little or no charge by the originator. These range from massive packages for statistical analysis and mathematical programming, to complex file updating and sort/merge routines. Although thousands of programs have been written in these categories, most of them are not widely used, even though they perform very nearly the same function as many others. The greatest difficulty in this area is to find efficient means for the co-ordination and dissemination of knowledge regarding what is already available for any given task. As the computer industry matures, it is to be expected that this situation will gradually improve, with more directories of tested programs being established and used.

One of the difficulties that must be overcome is the problem of transferring a program from one environment to another. Even with widely-used languages, such as Cobol or Fortran, there are difficulties in transferring a source-program from one machine to another, and the problem is more severe when programs are written in other languages. Considerable research effort is being expended to improve this situation, particularly with regard to the complications created by differing environments. The General Services Administration of the U.S. Federal Government is attempting to encourage programming language stabilization. It has introduced a requirement that all the software purchased through it be written in one of the common languages for which there are agreed standards.

Time-sharing is another important factor in improving programming technology. From the programmer's point of view, time-sharing is a way of obtaining, on demand, a sufficient share in the use of a computer (including CPU time slots, memory resources, and programming aids) to permit progress at a rate which is constrained only by the programmer's ability, and not by any difficulties in gaining access to the computer. Attempts to measure the resulting improvements in programmer productivity have so far failed, primarily because of large variations in the natural abilities of programmers. The sharing of computer-system resources in such a way that several people have apparent use of the computer on demand naturally results in computer usage

overheads that would not otherwise be present. The resultant loss of efficiency in computer utilization is judged by the proponents of time-sharing to be more than offset by improvements in programming efficiency. Time-sharing is, of course, a commonly-used technique in many applications other than program development. It is generally indispensable in any type of application (such as airline reservations) where a variety of users need access to random segments of data and programs.

Another factor which has had a favourable effect on programming costs, and is likely to have an increasing impact in the future, is the continuing development of standard compilers in order to make them more powerful and more adaptable, and to provide the programmer with diagnostics to permit him to detect and locate programming errors with much less loss of time.

(b) Reductions in the Cost of Programming

As mentioned above, programming costs have not come down as rapidly as expected. While this is due, in part, to increased salaries and a high management and documentation overhead in programming projects, these do not, of themselves, suffice to explain the continuing high costs.

Part of the reason for the apparent slow rate of decrease in programming costs is the difficulty of finding programs with an equal level of complexity to use as a basis for comparison. There can be no doubt that average program complexity has greatly increased over the last decade. J.D. Aron³⁰ has compiled a figure (Figure 5) which summarizes historical data on programming costs from a number of large IBM projects. He has also verified the figure against some non-IBM projects. The projects include both system and application programs. Mr. Aron noted that the figure was as valid in 1969 as it was in 1960, which suggests that programming costs for large programs

³⁰ Aron, J.D. "Estimating Resources for Large Programming Systems", *Software Engineering Techniques (Report on the Conference Sponsored by the NATO Science Committee, Rome, Italy, 27-31 October, 1969)* (April 1970), pp 68-79 (available from the Scientific Affairs Division, NATO, Brussels 39, Belgium)

Technological Review of Computer/Communications

have not decreased over the period. There are several reasons why this should be so:

- Improvements in diagnostic capability have not materially influenced the major portion of debugging costs for large programs, which arise from the interactions amongst program elements which are brought together from different sources.
- Untrained programmers enter the field at such a rate that the average ability to use programming know-how does not improve.
- Programmers fail to learn better methods.
- Programs are getting more difficult at the same rate that programmer skills improve. This implies that as computers become more powerful we use them to tackle harder problems.

Mr. Aron believes that the last reason is the most important factor.

Examination of Figure 5 yields some interesting results. For example, short-duration easy projects appear to have about half of the productivity of long-duration easy projects. This can probably be accounted for by the higher overhead associated with the larger staff required to accomplish tasks in a shorter time-period. On the other hand, short- and long-duration difficult projects have about the same productivity, indicating that project complexity is much more significant than overhead costs. The degree of difficulty of the projects has been measured by the extent of interaction of the program with other elements of the complete system, as indicated on the right-hand side of the figure. Mr. Aron assumes that if the duration and degree of difficulty of a project are fixed, programming costs are a strictly linear function of the number of instructions in the program, whereas the longer a project can be permitted to take, the more nearly it approaches the minimum cost per instruction realized for projects of duration greater than twenty-four months.

There is thus a basic dilemma facing any one who attempts to measure improvements in programming efficiency, for it would appear that the rate at which new and more difficult programming systems are tackled either exceeds, or is about equal to, the rate of improvement in our understanding of programming systems.

Figure 5
Software Productivity Table

		Difficulty	Duration			
			6 Months	12 Months	More than 24 Months	
Row 1	Easy		20	500	10,000	Very Few Interactions
Row 2	Medium		10	250	5,000	Some Interactions
Row 3	Difficult		5	125	1,500	Many Interactions
			Instructions per Man-Day	Instructions per Man-Month	Instructions per Man-Year	
			Units			Source: J. D. Aron

Technological Review of Computer/Communications

(c) Improvements in the Technology of Compilers

There have been very few studies done that attempt quantitative measures of the relative performance of different compilers.

Two principal reasons exist for the relative lack of more detailed studies:

- Research has concentrated on making improvements to compilers and not on measuring the end result.
- The different factors that must be considered in any proper comparison of compilers are complex. A partial list would include:
 - (i) Do the machine language versions of programs translated by the compiler make the maximum efficient use of the computing resources? Amongst the resources which need to be conserved are: length of compiler time on the computer, amount of memory required for program storage (*i.e.*, efficiency of memory utilization in performing the job), and amount of computer time required to execute the program (*i.e.*, the efficiency of the code in performing the job)?
 - (ii) Does the compiler translate directly into machine language, or is there some post-processing required on the output from the compiler before it can run on the computer?
 - (iii) Are all the features of the source language translated by the compiler?
 - (iv) How much overhead required during translation is charged to the compiler, and how much is absorbed by the operating system, particularly input/output overhead?
 - (v) Does the computer which is doing the translations have any special characteristics which make it particularly well- or ill-suited for doing translation?
 - (vi) Is extensive error-checking and correcting done during translation?

A few figures can be given to roughly indicate improvements in the technology of compiling over the past decade. These figures are measurements of compiler speed, expressed in "instructions executed (during translation) per source card compiled" (*i.e.*/s.c.c.). This is a very interesting measure of compiling speed, as it is relatively independent of computer speed, allowing compilers on different computers to be easily compared. The figures are taken from a report by C. E. Earnest³¹ of New York University. About ten years ago, an IBM 7094 Algol compiler ran at about 137,000

³¹ Earnest C.E. Appendix II: Comments on Industrial Compiler Practice in *Programming Languages and Their Compilers* (Preliminary Notes Second Revised Version) by John Cocke and J.T. Schwartz (New York: New York University Courant Institute of Mathematical Sciences, April, 1970)

i.e./s.c.c. About five years ago, Fortran H on the IBM 360/65 ran at about 37,000 i.e./s.c.c. The UNIVAC 1108 Fortran compiler runs at about 14,000 i.e./s.c.c., and it is an optimizing compiler (*i.e.*, it contains many extra instructions designed to produce highly efficient translated versions of the source programs it receives). These figures are sufficiently imprecise that to plot them and draw a trend line to forecast future compiler speeds is pointless. The best one can say, and it is undoubtedly true, is that there will be further substantial improvements in the future. Techniques for measurement of compiler performance should also improve in coming years.

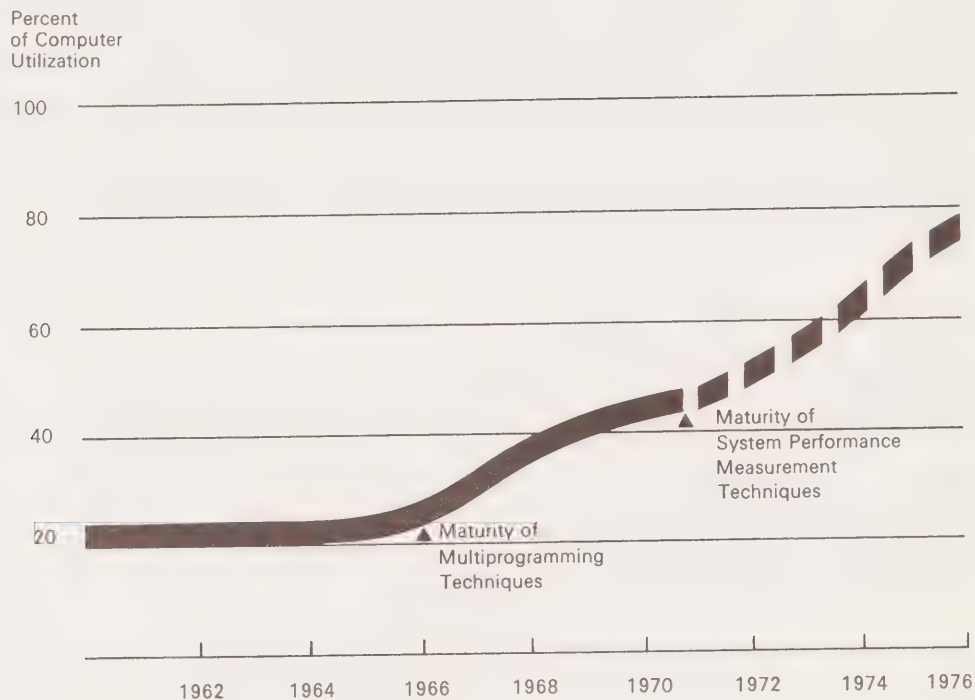
(d) Improvements in Operating System Performance

Recently, there has been considerable interest in computer-system performance, by which is meant essentially operating system performance. Many computer installations are beginning to measure how successful their operating systems are in allocating resources to the different activities in the system. It is anticipated that as these measurement techniques are refined, and as they become more widely used, substantial improvements in efficiency of computer utilization will result. (See Figure 6.) The result of the improvements will not, of course, be to reduce programming costs, but rather it should lead to reduced costs for program execution in the computer.

7. The Effect of Microprogramming Development

Recently, there has been a resurgence in the use of microprogrammed instructions. This facility essentially allows the machine user to devise his own instruction set out of a much smaller subset of micro-instructions. In the earlier microprogrammed machines, microprograms were usually stored in Read-Only-Memory (ROM), so that changes in the instruction set required a physical change in the ROM. In the newer machines, however, microprograms are more easily altered, though frequent alteration is still not easy in most cases. The efficacy of microprogramming is strongly dependent on the existence of small, but very fast, memories which can cycle at least several times during a main memory cycle period.

Figure 6
The Projected Effect of Multiprogramming
and System Performance Measurement
Techniques on Computer Efficiency



Source: Auerbach *

*
Auerbach Technology Evaluation Service, *Computer Software*
(E.D.P. Series No. 7; Philadelphia, Pennsylvania, Auerbach
Information Inc., 1971).

Technological Review of Computer/Communications

The applications of microprogramming are generally as follows³²:

- As a simplified method of providing a complex and varied instruction set for the computer.
- To make emulation of earlier computers and sometimes earlier operating systems easier.
- To provide unique instructions for special devices; for example, to provide special instructions for data communications systems or graphics processors.
- To provide support for user-oriented systems (for example, a special microprogram set for Fortran has been suggested).
- To provide special instructions for system maintenance, and to enhance system reliability by providing an emergency microprogrammed "back-up" instruction for complex hardware instruction implementations.

It would appear that the primary impact of microprogramming will be on the small computers. Here it will help stem tendencies towards numerous, highly-specialized mini-computers by allowing one microprogrammed machine to adapt to several purposes, though probably at the expense of some loss in processing speed. For example, special microprograms could adapt the same mini-computer for such diverse tasks as typesetting, oil refinery control and patient-monitoring in a hospital.

It is likely that the larger computers will also continue the trend towards microprogramming, though not at the expense of elaborate hardware instructions. It seems more likely that their principal application will be for the more efficient implementation of special-purpose instructions in language processors and in control software, and for the emulation of other computers.

8. Memories

Along with the logic elements discussed under the heading of large-scale integrated circuits, memory elements are basic to digital computer operation. They also are a major element of the computer system cost. Fast-access memory accounted for 20-to-25 percent of the \$7,500,000,000 expenditure

³² Flynn, M.J. and Rosin, R.F., "Microprogramming: An Introduction and a Viewpoint", *IEEE Transactions on Computers*, Vol C-20, No 7 (July, 1971), pp 727-31

Technological Review of Computer/Communications

on computer systems in the U.S. in 1970³³. Slower-access memory (drums, discs and tape units) probably accounted for another 15-to-25 percent of expenditures.

(a) Memories and Data Banks

Apart from their key role in the basic operation of computers, memories are, of course, essential to the operation of computerized data banks. In particular, the availability of large memories of low cost and easy access, coupled with a growing demand for large data bases, is likely to lead to the establishment of very large computerized data banks during the decade.

These data banks will not arrive overnight, even though the basic memory elements are now available. We have yet to learn how to sort and search through large data bases efficiently. Nor do we have any established data-base manipulation languages or formats. But these will surely evolve quickly. The cheap mini-computer and expensive associative memories will both play a role in reducing data search costs. Proposed standard data-base languages have already been published by the American National Standards Institute. Whether or not these achieve widespread usage, the pressures are surely there for the evolution of some standards in this area.

Thus, it would appear that the required concurrence of societal need and technological competence exists for the substantial growth of large-scale data banks over the decade.

(b) Memory Cost

Cost data for memories of various types are plotted in Figures 7 and 8.

³³ Why Cores Could Become Just a Memory". *Business Week*, No 2156 (December 26, 1970), pp 60-1

Figure 7
High-Speed Memory Costs

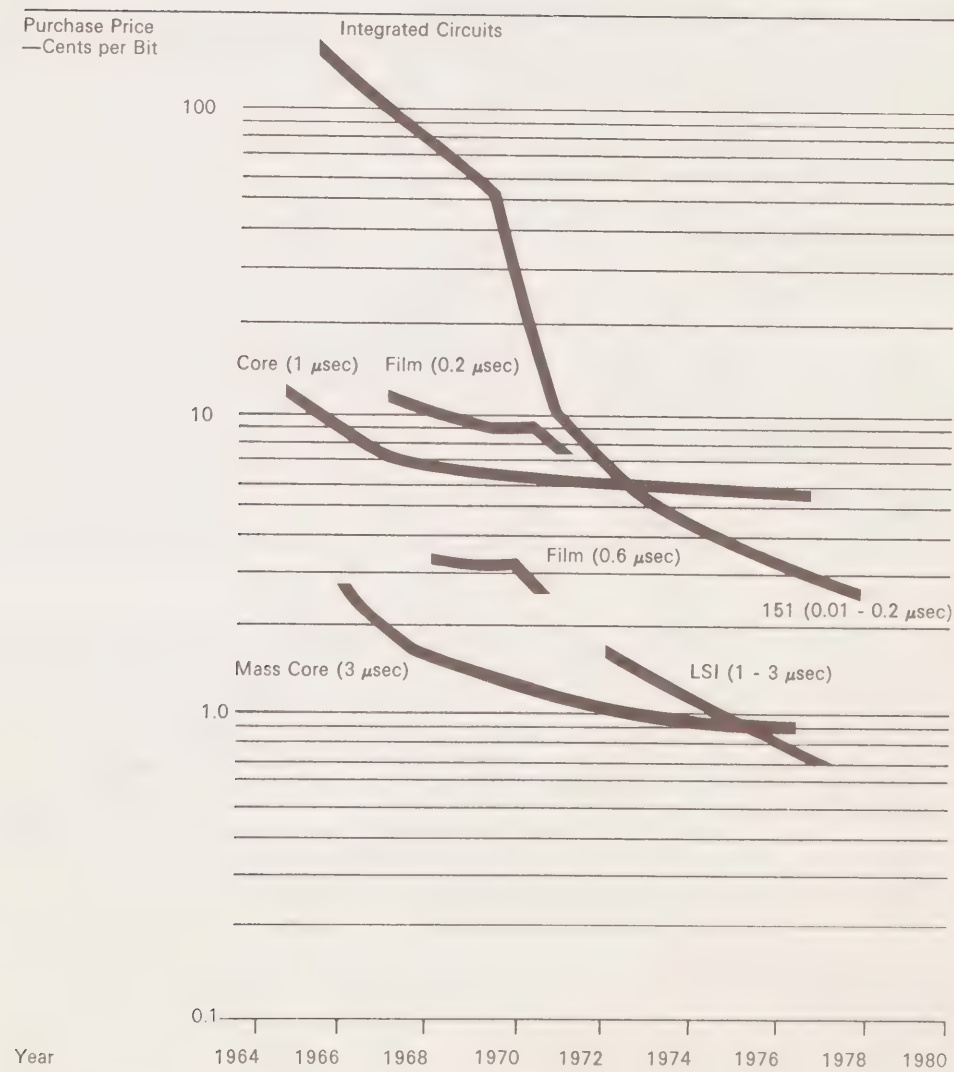
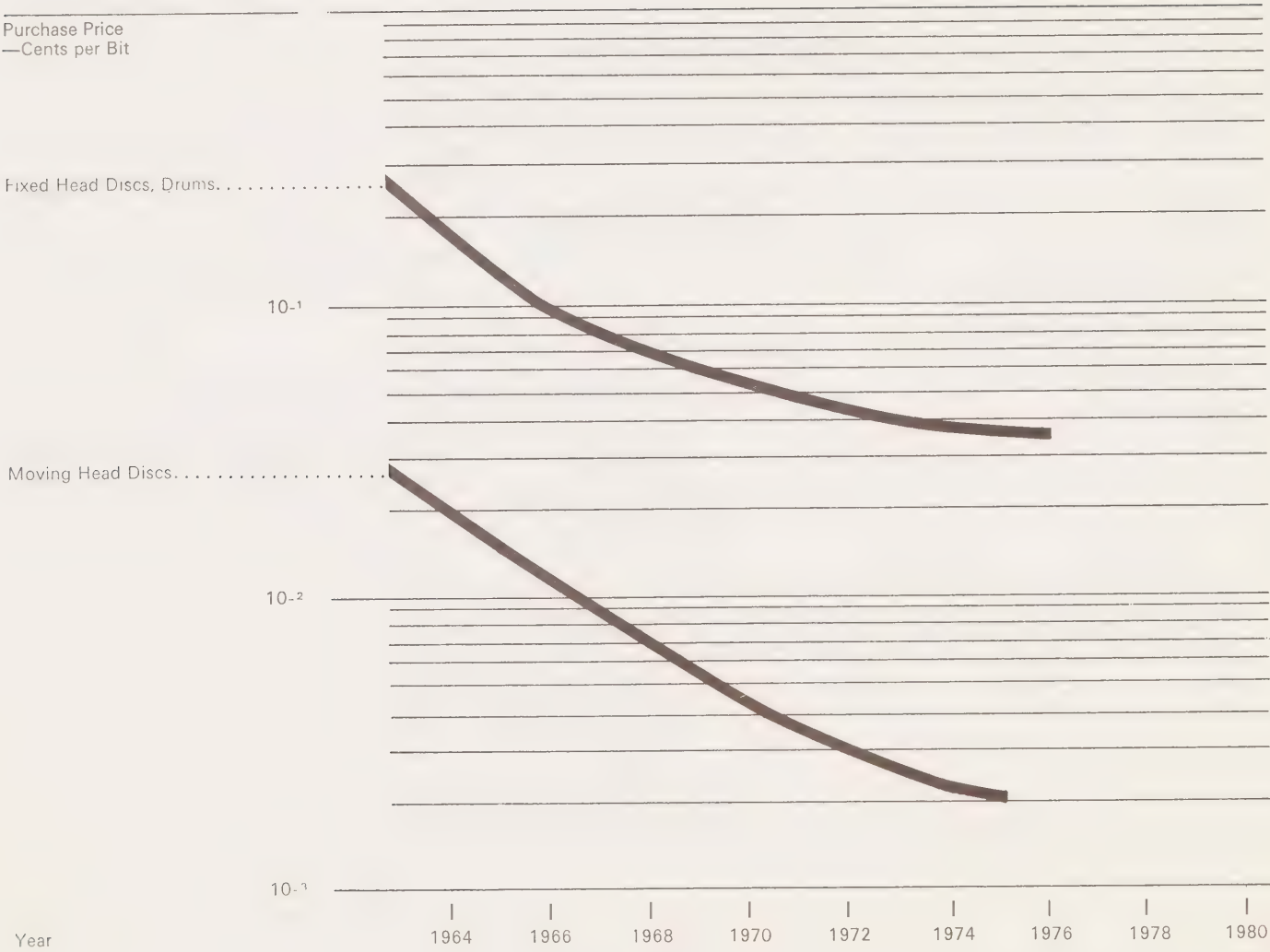
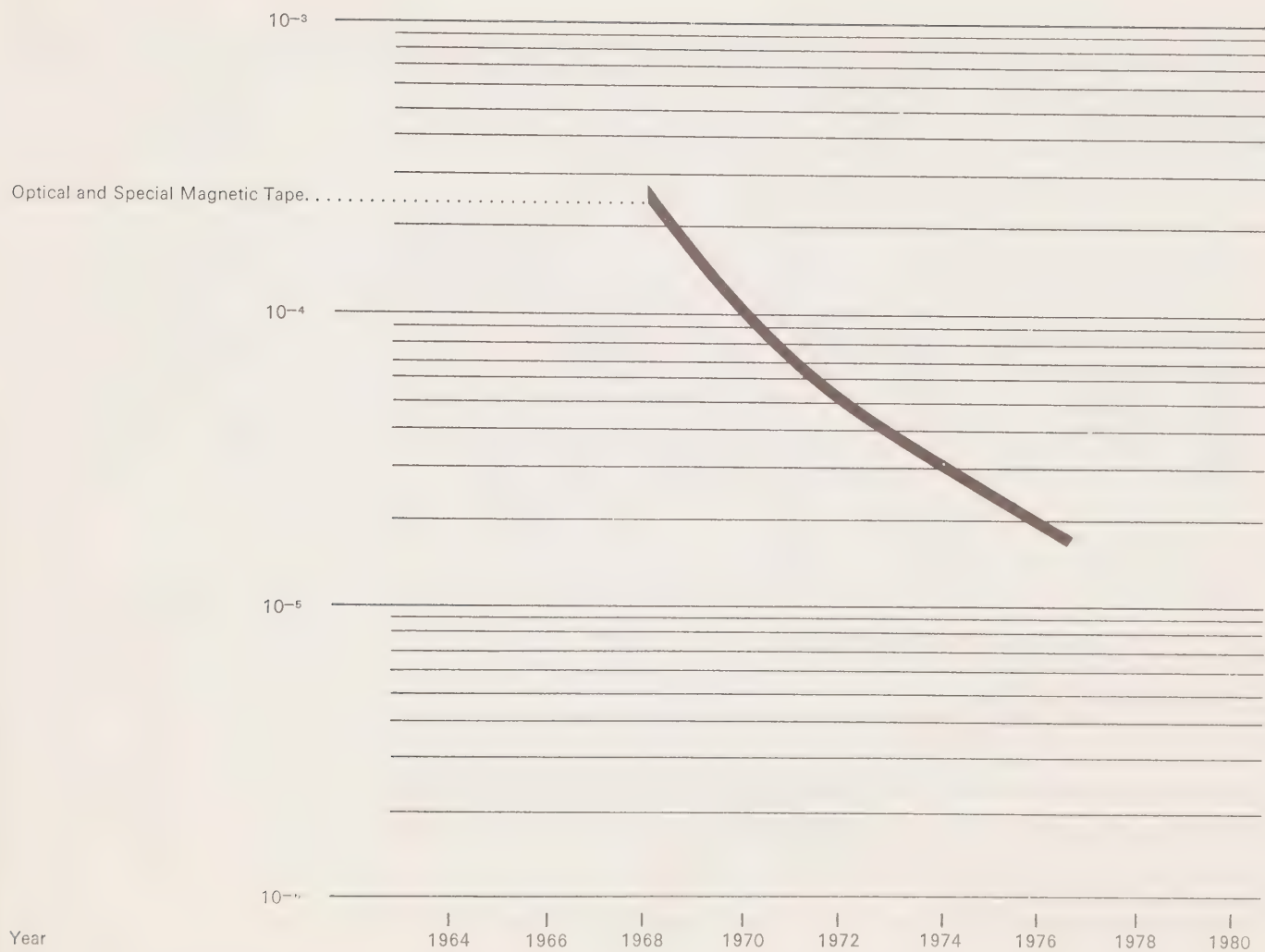


Figure 8
Low-Speed Memory Costs





Technological Review of Computer/Communications

The primary source of information for these plots was the Stanford Research Institute forecast³⁴, but it has been updated by information obtained from various sources. As can be seen from the figures, there is a wide variation in both costs, and performance amongst the various types of memory available. For the sake of discussion, memories will be divided into the following categories:

- Rapid-access memory (<10 microsecond access)
- Slower-access on-line memory
- Off-line memory
- Micrographic memory

Because of the much greater cost of high-performance memory, there is an increasing trend towards a complex hierarchical memory structure which is organized in such a way that CPU data requirements are anticipated far enough ahead of time for peripheral processors to access the data from slow memory and move it up through the hierarchy into fast memory. The larger memory systems require a small computer to manage data accesses and transfers on a full-time basis, thus helping to reduce software overhead in the main computer.

After spending some years in the technological wilderness (having been available on some computer-systems as long ago as 1964) virtual memory is at last coming into its own. Systems with this feature permit the programmer to ignore the size of core and other memories on the computer, and leave it up to the computer monitor to ensure that the correct program and data elements are in executable memory when required. The virtual memory feature requires little modification to the memory itself. The major difficulty in virtual memory implementation lies in the writing of suitable control software, and in the provision of special-purpose hardware in the CPU to fetch the "pages" of data from slow memory as required. However, one effect of the feature is likely to be that the demand for executable memory is slowed down, due to the more efficient use of memory that a virtual memory system provides in most cases. Two other important effects are the reduced burden on the programmer, who no longer has to be as concerned with the transfers of data through the memory hierarchy, and the greatly reduced dependence of

³⁴ Zerdler, H M *et al. op cit*

programs on particular computer memory configurations, which allows greatly increased program portability between differing computer-systems.

9. Rapid-Access Memories

(a) Core Memories

Since the 1950's, magnetic-core memories have been traditionally used for rapid-access memories. Core memory has undergone intensive development, and it seems unlikely that significant performance or cost improvements are on the horizon. The fastest core memories now available have a cycle time of the order of 200 nano-seconds, and cycle times in the range of 750-to-1,500 nano-seconds are common. In 1970, it was estimated that sales of core memories amounted to approximately 100 percent of the market for rapid-access memories, a market of one-and-a-half to two billion dollars in the U.S. alone. It has been predicted by one core memory manufacturer that, although core sales will continue to increase until 1975, the share of the market will, by that time, be only 50 percent, the remainder having been taken over by large-scale integrated circuit semiconductor memories³⁵.

A major disadvantage of core memory is that it cannot be fabricated in large batches, but rather each must be threaded separately, though there are machines capable of threading the cores automatically. In order to reduce power consumption and increase speed it is desirable to use the smallest cores possible. Cores with a twelve-to-thirteen-mil outer diameter and a seven-mil inner diameter are being successfully wired, and eight-to-ten-mil cores can be wired. The limiting constraints appear to be the increasing electrical resistance of the finer wires used to thread the cores, and the decreasing fracture strength of the smaller cores (the fracture strength of thirteen-mil cores is less than fifty grams)³⁶. Power consumption in small-core

³⁵ Why Cores Could Become Just a Memory'', *Business Week*

³⁶ Koehler, Frederick H., "An Impartial Look at Semiconductors'', *Datamation*, Vol 17, No 14 (July 15, 1971) pp 42-6

Technological Review of Computer/Communications

memories is strictly comparable to, and, in high performance memories, somewhat lower than, power consumption in today's electronic memories. Power consumption for core memories as low as 0.25 milliwatts per bit is quoted by Koehler³⁷.

(b) Semiconductor Memories

A major advantage of semiconductor memory is that costs are relatively independent of size of organization, and it is thus particularly competitive with core when relatively small memories are required. Furthermore, unlike core, it is amenable to batch production. Indeed it shares the characteristic common to all LSI circuitry of high development costs and relatively low production costs. There is still widely-ranging experimentation on circuit types and materials. The competing technologies of bipolar and Metal Oxide Semiconductors (MOS) are becoming blurred as work proceeds on hybrid designs. Circuit types are also in a fluid state, as variations on the basic flip-flop circuit are developed. In particular, charge storage memory elements, which make use of capacitive effects for memory storage, show promise of significantly improved packing densities with reduced power dissipation (one-tenth of a milliwatt per bit has been reported)³⁸. It seems likely that over the next five years the circuit types and technology will stabilize into a few specific approaches, each optimum for particular memory requirements. Koehler³⁹ has identified the current lack of standardized LSI memory circuits (with a corresponding lack of second-source memory suppliers) as the major problem to be faced by suppliers of electronic memories. Until this problem is solved, he maintains that sales will be drastically curtailed.

³⁷ *Ibid*

³⁸ Vadasz, L.L.; Chua, H.T. and Grove, A.S., "Semiconductor Random-Access Memories", *IEEE Spectrum*, Vol 8, No 5 (May 1971), pp 40-8

³⁹ Koehler, Frederick H., *op. cit*

Technological Review of Computer/Communications

The principal advantages of semiconductor memories are their speed (cycle times as short as ten nano-seconds or less) and their compatibility with logic elements in the central processing units. The principal disadvantages have been their volatility (unlike core memory, if power is lost the contents of the memory are erased) and, until the advent of LSI, their expense. As can be seen from Figure 7, projected costs are now very near the cross-over point with high-speed core memory. They should be less than half the cost of core memories of equivalent performance (for most applications) by the mid-1970's.

(c) Thin Film and Plated Wire Memories

Thin film and plated wire memories, once thought to be the successors to core memories, have not materialized as expected. Plated wire memories are still in use in limited applications, particularly in military systems. The major cause for lack of development has been the difficulty in obtaining sufficiently high yields, and the related problem of achieving process repeatability.

(d) Ovonic Devices

Considerable mystery and drama has surrounded the development of these amorphous (glass) switches and memory. Development of these devices continued for several years without a clear understanding of their theory of operation. Many attractive claims have been made concerning their potential for extremely high switching speed, non-volatility of the memory, and their potential cheap manufacture. The first Ovonic device is now being marketed. It is a 256-bit "Read Mostly Memory", which has a non-destructive read-time of 100 nano-seconds and a write-time of two-to-ten milliseconds. It sells for \$60.00 in quantities of 100⁴⁰.

Recently a theory of operation for Ovonic devices has been confirmed⁴¹, based on providing enough heat to crystallize the glass in a small "filament". Under

⁴⁰ "L'Effet Ovshinsky est au salon". *Inter electronique* (April 2, 1971), pp 56-7

⁴¹ "Ovshinsky Hot and Cold". *Nature*, Vol 231, No 5301 (June 4, 1971), pp 284-5

Technological Review of Computer/Communications

such circumstances, it seems unlikely that the glowing promise of these devices as memory elements will be fulfilled, though they may well find application elsewhere.

(e) Josephson Effect Memories

The Josephson effect was first predicted by Brian Josephson at Cambridge University in 1962, and was observed in several U.S. laboratories within a year. The now well-confirmed prediction was that "...if two super conductors were weakly coupled, a d.c. current would flow or tunnel between them without any potential being applied". It was further predicted that "...a bias applied across the super conductors would generate an a.c. current with frequency proportional to the bias level".⁴²

Some interesting work is proceeding on fabrication of high-speed cryogenic memories making use of the combined effects of normal tunnelling, and Josephson tunnelling through thin insulators separating two super conductors⁴³. The potential advantages of this technology are:

- Memory cycle times in the range of fifteen-to-forty nano-seconds appear reasonable. Even faster cycle times may be possible.
- Power consumption is extremely low and is required only when reading from, or writing in, memory. (It has been estimated that power consumed in the memory is about one ten-thousandth of that consumed by an equivalent semiconductor memory.)
- High packing densities are predicted (about 10^8 bits per cubic foot).
- Address decoding can be carried out in the memory, so that very few lead-outs are needed to connect the memory to external circuitry.

⁴² Doyle, Owen. "Josephson Junctions Leave the Lab but Only a Few at a Time". *Electronics*, Vol 44, No 5 (March 1 1971), pp 38-42

⁴³ Anacker, Wilhelm. Potential of Superconductive Josephson Tunneling Technology for Ultrahigh Performance Memories and Processors. *IEEE Transactions on Magnetics*, Vol MAG-5, No 4 (December, 1969), pp 968-75

Technological Review of Computer/Communications

Unfortunately, considerable development is yet required on this memory, and it is anticipated that it will be about ten years before memories based on this technology are marketable. One interesting problem which is anticipated is the difficulty of servicing a memory which is operational only at temperatures near 3.6° Kelvin (-447° F). It is not possible at this early stage of development to make any sensible cost predictions.

It is interesting to note that high-speed memories are only one potential area of exploitation of the Josephson effect. Josephson junctions are already in use by the National Bureau of Standards in Washington as a primary voltage standard, with an accuracy of several parts in 10^8 . Applications (in various stages of development) include their use as supersensitive magnetometers (sensitivities down to 10^{-11} gauss have been achieved) and high-sensitivity voltage (10^{-11} volts) and current (10^{-11} amperes) meters⁴⁴.

Of particular interest in the communications field is the potential use of the Josephson junction as a highly sensitive frequency convertor at frequencies "ranging from radio to far infrared"⁴⁵.

10. Slower-Access On-Line Memories

This class of memory comprises all those memory elements which cannot easily be located remotely from the computer-system but which do not fall into the category of rapid-access memories. The following are included under this heading:

- Magnetic drums and fixed-head discs
- Some optical memory systems
- Magnetic-bubble memories
- Charge-coupled devices

⁴⁴ Doyle, Owen, *op. cit.*

⁴⁵ Longacre, Andrew, "A Josephson Frequency Converter", *Electronics*, Vol 44, No 5 (March 1, 1971), pp 44-6

Technological Review of Computer/Communications

(a) Magnetic Drums and Fixed-Head Discs

These devices have been available in various forms for many years, in a wide range of speeds and capacities. Capacities normally vary between 10^5 and 10^9 bits, and average access-times are normally in the range of 5-to-100 milliseconds. Transfer rates, once the first data word has been accessed, are also highly variable in the general range, which is 10^5 -to- 10^7 b/s. This speed of read-out is normally accomplished by parallel reads from several tracks simultaneously.

There has been a steady trend towards larger, faster and more economic disc and drum units. As with core memories, disc and drum development is at a fairly mature stage, and it would appear that order-of-magnitude improvements are unlikely to be seen over the next ten years, though recent improvements in magnetic coating materials will undoubtedly lead to performance gains.

As the price of integrated circuit memory declines, the smaller units will become uneconomic. It is likely that development will be concentrated on large units with very high transfer rates and latencies of the order of ten msec. They will be used to provide fast core swapping in large computer installations. Prices of about 0.05 cents per bit for 500-megabit units appear to be reasonable within the next few years. This is a factor of about ten less than the likely price of slow electronic memory.

(b) Optical Memory Systems

Several ultra-large optical memory systems are either completed or are under development. The IBM Model 1360 "Photo-Digital Storage System" was one of the first available (in late 1967). It had a capacity of one trillion (10^{12}) bits. Data was stored on small film chips by an electron beam. This system was built to satisfy a special requirement and is not in the regular IBM product line.

A more recent development is the Precision Instrument "Unicon" memory, containing 10^{12} bits of storage. This memory system employs a laser beam to

Technological Review of Computer/Communications

record on a special film, which once written on cannot be erased. (Since the film itself is very cheap, and the bit packing density is high, this may not be a significant disadvantage.) Each "strip pack" of film will store approximately two billion bits, which are accessible in approximately 100 milliseconds. Provision is made for the automatic selection of any one of 450 strips with an access-time in the order of twenty-to-thirty seconds. Since a complete system sells for about \$1.6 million⁴⁶, the cost per bit is about 1.6×10^{-4} cents.

Holographic memory devices of similar size are also under development. The storage densities obtainable are comparable to those obtained by the "point-by-point" Unicon method (10^8 bits per square inch); however, holographic methods have the significant advantage that they have a low sensitivity to dust or other defects on the recording medium, since information on any one single bit is dispersed over a much wider area (and intermingled with information from other bits). A 10^{12} -bit holographic memory is reported to be under development at Radiation Incorporated in the U.S. and should be available in 1973. Work is also in progress in Russia⁴⁷.

RCA are working on a holographic memory of smaller size and faster access, using an erasable memory. The holograms are recorded by heating a manganese bismuth film to the Curie point at regions of high light intensity which results in its magnetization being reversed when it cools down. Write-time is only twenty nano-seconds, but read-time is approximately twenty microseconds. Average access-time is in the hundreds of microseconds. The memory is designed to contain 10^8 bits, and to cost less than one cent a bit⁴⁸. Further development is still required on this system. In particular, the device requires a very high-powered laser, a fast beam deflector, and fast,

⁴⁶ Arpa Net to Have Trillion-Bit IR System". *Datamation*, Vol 17, No 10 (May 15, 1971), pp 86-7

⁴⁷ Mikaelian, A.L. and Bobrinev, V.I. "Holographic Memory Devices". *Opto-Electronics*, Vol 2 (1970), pp 193-9

⁴⁸ Lohman, R.D.; Mezrich, R.S. and Stewart, W.C. "Holographic Mass Memory's Promise: Megabits Accessible in Microseconds". *Electronics*, Vol 44, No 2 (January 18, 1971), pp 61-6

Technological Review of Computer/Communications

durable light modulators. In a more recent announcement RCA claim to have developed a "sugar-cube"-sized crystal, made of lithium niobate and barium sodium nitrate doped with metallic impurities, which is capable of storing 10^{12} bits of information⁴⁹.

(c) Magnetic-Bubble Memories

The idea of storing information in magnetic domains, or "bubbles", moving in thin films of magnetic material, was first reported by A.H. Bobeck of Bell Laboratories in October, 1967⁵⁰. The subsequent discovery that garnet was a suitable magnetic material substantially increased the potential of the technology, not only because garnet is much cheaper to produce than the orthoferrite material previously used, but also because greater bubble mobility and greater packing densities can be obtained.

The technology for producing magnetic-bubble memories is very similar to that for producing semiconductor memories, except that fewer stages are involved, and tolerances are not as critical. This is expected to lead to higher yields which, in turn, will probably result in greater storage capacity per chip than will be practical for semiconductor memories. It is anticipated that magnetic-bubble memories will be "a few times" cheaper than semiconductor memories and "substantially cheaper"⁵¹ than core memories. Magnetic-bubble memories can be cycled at between one and ten megahertz, and packing densities of 10^5 -to- 10^7 bits per square inch and 10^8 bits per cubic inch⁵² are

⁴⁹ *EDP Weekly*, Vol 12, No 11 (July 5, 1971), p 15

⁵⁰ Bobeck, A.H., "Properties and Device Applications of Magnetic Domains in Orthoferrites", *The Bell System Technical Journal*, Vol 46 (October, 1967), pp 1901-25

⁵¹ Bobeck, A.H. and Scovil, H.E.D., "Magnetic Bubbles", *Scientific American*, Vol 224, No 6 (June, 1971), pp 78-90

⁵² "100 Million Bits Per Cubic Inch in New Devices", *Bell Laboratories Record*, Vol 49, No 1 (January, 1971).

Technological Review of Computer/Communications

predicted. It is likely that magnetic-bubble memories will be commercially available in the 1973-74 time-frame.

It is important to note that magnetic-bubble memory is unlikely to be available in a random-access configuration, being much better suited to cyclic access. It is thus often considered to have its greatest potential as a replacement for the high performance fixed-head disc and/or bulk memory. The technology has the interesting property that logic elements can easily be combined within the normal storage structure. It has been suggested that this might contribute to new forms of distributed computing architecture. In the nearer term, this facility is more likely to be useful as a device to permit the addressing of one of several cyclical registers on a single magnetic-bubble chip.

As a general rule-of-thumb, the diameter of the magnetic bubbles is also constrained, in the order of one-to-two times the thickness of the magnetic material, and bubble spacing should not be closer than two or three bubble diameters (due to repulsive forces between bubbles); thus the thickness of the magnetic material is an important design factor. Current design limitations appear to be the difficulty of detecting the presence of small bubbles reliably, and the limits on the minimum line thickness available, when using photolithographic techniques. This latter constraint may be overcome by moving to electron beam lithography.

(d) Charge-Coupled Devices

It is perhaps an indication of the danger of predicting the dominance of any one device or technique over another in the whole area of memory development, that charge-coupled devices were only announced by the Bell Telephone Laboratories in the spring of 1971, and yet they have already caused a considerable stir in the industry, and several companies are now building advanced models.

The charge-coupled device is similar to magnetic-bubble memories in that buckets of charge are shifted down a chain of electrodes much the same way that magnetic bubbles are shifted along chains of magnetic receptors. As with magnetic-bubble memories, the technology for producing charge-coupled

Technological Review of Computer/Communications

devices is very similar to that for producing semiconductor memories, except that fewer stages are involved. The technology is as yet far too new to make reliable cost predictions, but at this stage a reasonable guess would be that a charge-coupled shift register memory will have a comparable cost to a magnetic-bubble shift register of similar performance. The latter have been estimated as likely to be a few times cheaper than semiconductor memories.

It has been pointed out⁵³ that charge-coupled memory devices will operate at ten megahertz data-rates and will consume only five microwatts per bit, using today's technology. It is expected that, with development, permissible data-rates will increase to 100 megahertz, and bit packing densities of one million bits per square inch will be achieved.

Perhaps even more exciting is the potential these devices have as image sensors. Indeed Bell have already produced a charge-coupled imaging device containing ninety-six light sensing elements⁵⁴. These devices are particularly attractive for image sensing because (a) they are easily fabricated in silicon which has a good response over the visible spectrum, (b) due to the simplicity of the sensors it is expected that adequate yields will be obtainable even with large sensor arrays, and (c) the sensor is self-scanning, and works with a low operating voltage.

11. Off-Line Memory

(a) Disc Packs

As with fixed-head discs, the development of disc packs is in a relatively advanced state, so that order-of-magnitude advances in price performance

⁵³ Altman, Laurence. "The New Concept for Memory and Imaging: Charge-Coupling". *Electronics*. Vol 44, No 13 (June 21 1971) pp 50-9.

⁵⁴ "Memorizing More on Tape". *Business Week*. No 2172 (April 17, 1971). p 65

Technological Review of Computer/Communications

with this technology are not expected. Some improvements in magnetic coatings which could significantly increase bit packing density are foreseeable, but the extent of improvement obtainable over the next decade is difficult to predict.

Disc packs vary in size from about 1-to-200 megabits, and are often ganged together in multiple drives to produce several times the above-mentioned capacity. Average access-times are typically in the range of 100-to-200 milliseconds, though disc pack units (with a read/write head per track) are available with average access-times in the ten-millisecond range. Prices vary considerably with capacity and speed, but, most typically, they fall into the range of 0.005-to-0.2 cents per bit, including the cost of the disc drive. Since the disc packs are removable, this cost is not perhaps a completely fair representation. Additional data can be stored on spare disc packs for as little as 10^{-5} cents per bit.

(b) Magnetic Tapes

As with disc technology, magnetic tapes have, until recently, appeared to be in a relatively mature state of development. Bit packing densities have been constantly increasing as magnetic coatings have been improved. Recent developments⁵⁵ suggest at least a three-fold improvement in the maximum bit packing density will soon be available. Tape quality is not the only limitation to bit packing density, however. Variations in read-head alignment effectively limit packing densities to about 20,000 bits per square inch using conventional read-head geometry⁵⁶. It is obvious also that increased bit packing densities invite increased errors caused by dust particles.

⁵⁵ "Memorizing More on Tape", *Business Week*

⁵⁶ "A Particle that Jams More Data on Tape", *Business Week*, No 2171 (April 10, 1971), pp 42-4

Technological Review of Computer/Communications

Magnetic tapes currently serve two functions. First, they are used as a data interchange mechanism between computers. When used in this way standards are all-important, and improvements are likely to come slowly. Second, tapes are often used as a memory extension in much the same way that disc packs and drums are used. Most users employ their tape units for both functions.

There are some applications where tape units are employed as memory extensions to the limits of their capability. For example, in the U.S. the Social Security Administration is currently using six IBM 360/65 computers to search 1,400 reels of tape each night. About 99 percent of the time is spent in searching for the data required, and only 1 percent in actually processing it. In such circumstances there is a strong incentive to depart from industry standards if significantly better performance can be obtained.

Ampex have announced a new tape system called the Terabit Memory which appears to have done much to put tape systems back in direct contention with laser memory systems for massive memory stores. The Ampex system achieves bit packing densities of 1,500,000 bits per square inch, by recording and reading across the tape instead of along it, thus reducing head alignment problems. In its largest configuration the system can store 3×10^{12} bits on sixty-four tape drives. An end-to-end tape search takes approximately forty-five seconds. The average access-time should be substantially less than half the end-to-end search time in most situations, since on such a large system it is likely that the required data could be grouped better than would happen if recorded randomly.

The price of the largest Terabit system is expected to be three million dollars, which works out to 10^{-4} cents per bit. This is somewhat cheaper than the optical "Unicon" system. First deliveries of Terabit are scheduled for the fall of 1972. Competitive systems employing the same technology have been announced since the Ampex achievement.

(c) Computer Output Microfilm (COM)

In many applications, records must be maintained for possible future reference, but there is no significant need to ever alter the records or to further manipulate the data contained in the records. If large quantities of data are involved, the most economical way to retain the data may well be on microfilm.

Microfilm cameras attached to computers are a relatively new phenomenon. It has been estimated⁵⁷ that there were approximately fifty COM units installed in the world at the end of 1968. By the end of 1970 this figure had risen to somewhere between 700 and 800.

The major disadvantages of COM are that, unlike magnetic tape, the film cannot be erased for alterations or corrections, nor can the data be as easily read back into the computer if further processing should be required, as it could be if it had been stored in digital form. Conversely, it is possible to obtain legible copies of records without recourse to the computer to decode records stored digitally. Further, a COM record is much more permanent than magnetic tape which must currently be rewritten every three-to-six months.

For many applications comparison with a line printer is appropriate. The major advantages of COM are its price (the film costs about one-sixth the price of the equivalent line-printer paper), its speed (speeds of 40,000 lines per minute are available *versus* 2,000 lines per minute for a fast-line printer), its compactness (space requirements are about 2 percent of that required for equivalent line-printer output) and the ease of making multiple high-quality copies.

While most professional clairvoyants are predicting high growth-rates (25 percent to 40 percent) for COM equipment beyond 1975, it is interesting to note that Quantum Sciences have been reported⁵⁸ to predict that, by 1975, market saturation will be approaching, "...since more than 50 percent of the

⁵⁷ Askanas, Charles. "Commentary". *Datamation*, Vol 17, No 14 (July 15, 1971), p 72

⁵⁸ "Was COM a Victim of Overreaction?". *Datamation*, Vol 17, No 15 (August 1, 1971), p 49

Technological Review of Computer/Communications

major EDP users — those with over \$50,000 monthly EDP rental bills — will have COM systems installed, and few users require more than one machine''. It is also predicted that, by that time, the purchase prices of COM units will start at about \$25,000, and average \$35,000. The corresponding figures for 1971 are \$30,000 and \$60,000.

12. Terminals

It is difficult to say much that is not overwhelmingly general on a subject as broad as terminals, for it is possible to find a terminal at almost any price, from a touch-tone pad at \$15.00 to a high-speed intelligent terminal at \$100,000. Special-purpose terminals, such as big board plotting displays, can cost even more.

In this discussion, four categories of terminals will be arbitrarily selected for brief examination. These are:

- keyboard/printers
- keyboard/CRT type displays
- touch-tone/voice answer-back terminals
- point-of-sale terminals

The most promising technological advances appear to be:

- increasing incorporation of large-scale integrated circuit components and electronic memory buffers;
- the continued introduction of electrostatic printing devices.

While the introduction of LSI chips should help to reduce the cost of terminal logic elements, these typically constitute a relatively small percentage of manufacturing costs. Cyclic buffer memories (magnetic-bubble or charge-coupled) may also result in some cost-reductions, but they will face tough competition from displays containing their own storage elements, such as storage CRT tubes, photochromic glass and plasma displays.

Technological Review of Computer/Communications

(a) Keyboard/Printers

The keyboard/printer is, to date, the most widely used terminal device. Since keyboard/printers were already in quantity production for use in Telex and TWX systems before the requirement for computer terminals arose, their adaptation to use as computer terminals was natural.

Purchase prices for keyboard/printers normally fall into the range of \$600 to \$7,000. Much of the price differential is due to variations in sturdiness of construction, but speed and size of character set are also considerations.

Most of the impact printers operate at, or below, 120 b/s. Devices using ink-spraying or electrostatic techniques operate somewhat faster. It seems likely that electrostatic printers, which are inherently quieter, faster, more reliable, and capable of graphic output, will gradually supplant the slower impact printers. However, in their cheapest models, the impact printers are hard to beat in a straight price competition, so that their demise is likely to be slow.

(b) Keyboard/CRT Type Displays

This type of display is becoming increasingly popular, particularly when hard-copy records are never or only occasionally required. The high speed of data display is their main feature, but they also have greater flexibility in data formats, and, if equipped with a cursor or pointer, permit greater freedom of interaction with the computer than is available with a printer.

Terminals using a normal cathode ray tube require constant refreshing of the display, so that buffer memories are required, which adds substantially to the terminal cost. Prices start at about \$1,500. Such features as graphics capability, editing facilities, enlarged character sets, and large screen size, add extra cost. In particular, a high-precision vector capability adds greatly to expense. Several such terminals cost over \$100,000.

One interesting development is the manufacture of portable terminals, consisting of a telephone acoustic coupler, a keyboard and a character

Technological Review of Computer/Communications

generator and buffer memory. The user employs the nearest television set as his video screen by attaching a cable to the aerial input on the TV. The result is a light and easily portable terminal which currently sells in Canada for about \$1,200. Devices such as this show promise of becoming the prototype model for a home computer terminal. Since a relatively large percentage of its cost is in electronics, and since such devices have not yet experienced the economies of large production runs, it is probably reasonable to anticipate that the price of these or similar devices will halve over the next five years.

(c) Touch-Tone/Voice Answer-Back

For some years to come, the only practical way to make computer access from the home available on a widespread basis is via a touch-tone telephone input and voice answer-back system. Such a system is fairly restrictive in its capabilities, but it has the virtue that the user need make no extra investment in terminal equipment if he already has a touch-tone telephone. (Some systems have even been devised which use an ordinary dial telephone.)

Computer-operated voice answer-back machines have been available for some time. Typical machines cost from about \$30,000 for a machine with a vocabulary of thirty-two words, one access line and a mini-computer to control it, to about \$140,000 for a machine with sixty access lines and a vocabulary of 2,000 words. Most devices currently use human speech for playback which has been recorded either on celluloid film or on a magnetic disc or drum. At least one device generates words from the basic phonemes of human speech, giving it, in essence, an unlimited vocabulary.

Voice answer-back systems are likely to be most useful for answering simple enquiries, but more sophisticated uses are also possible. Typical applications include credit authorization, inventory control, price checks, order entry and factory data collection.

General Motors in Canada have been effectively using a voice answer-back system since 1969 to handle dealer enquiries as to the whereabouts of cars placed on order. They describe the touch-tone/voice answer-back method as "highly underutilized", since, in their experience it is both inexpensive and

Technological Review of Computer/Communications

effective. Only fourteen man-weeks of programmer effort were required to set up the system, which they claim gives satisfactory responses to 70 percent of enquiries, and gives the remaining 30 percent of enquirers the data they need to follow up with a request for human intervention. The system has recently been adopted by a GM division in the U.S.

Voice recognition equipment, which could eliminate the need for a touch-tone pad to input data by correctly recognizing words of human speech, is still in a very early state of development, and is unlikely to be in widespread use during this decade. IBM does have an experimental system in operation which is capable of recognizing thirteen words from IBM customer engineers⁵⁹. Information on its performance for a variety of accents was not disclosed.

(d) Point-of-Sale Terminals (POS)

POS computer terminals have, to date, been used primarily to check consumer credit. Hence, the terminals are usually the epitome of simplicity, the more common ones consisting of a touch-tone pad and indicator lights. The potential for POS terminals to perform other useful functions, such as on-line accounting and inventory control, has not been lost on the industry, nor has the potential size of the market (it is estimated that there are over six million cash registers in the U.S. alone). The principal problem has been to produce an economic terminal.

The industry has just now begun to blossom, and there is a fairly wide selection of POS terminals on the market, ranging from the aforementioned touch-tone pads to multikeyed units, and even to units (primarily designed for supermarkets) which have a "magic wand" which the checkout girl passes over the price tag on each item to read out the price and (if desired) the stock number.

In order to improve the utilization of POS terminals, and hence their economic viability, some effort has been expended to provide facilities which would

⁵⁹

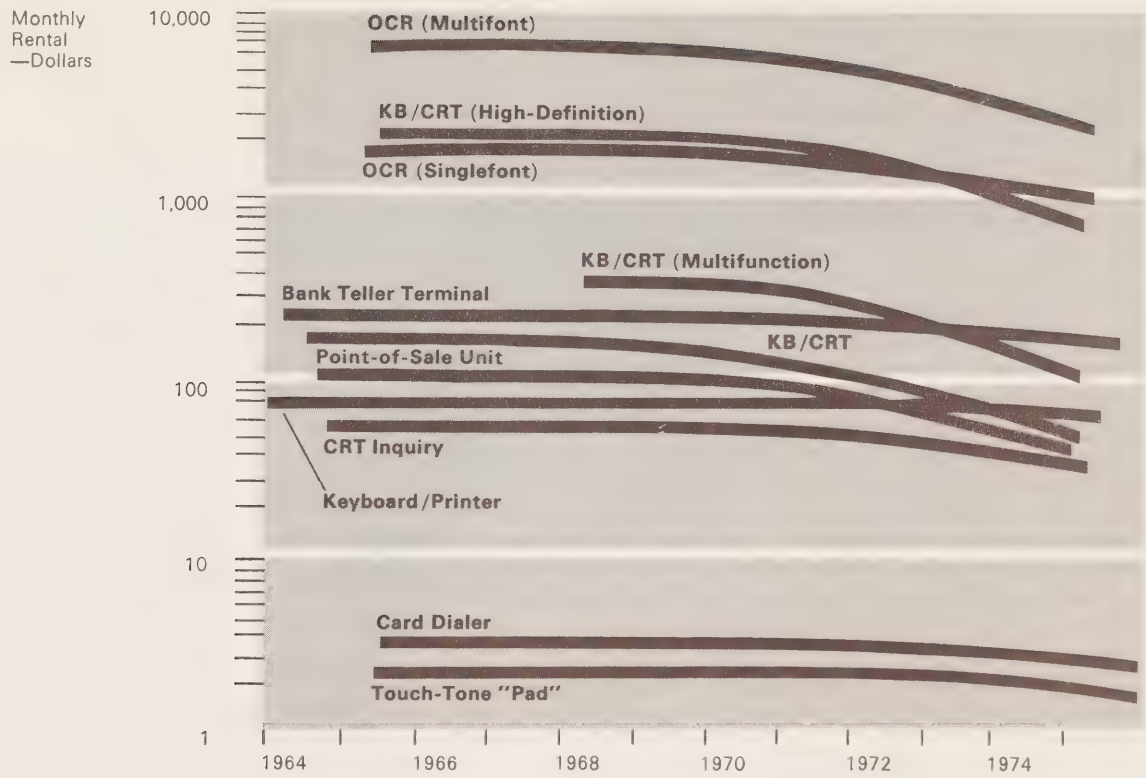
IBM Voice Recognition Only "Experimental", *Datamation*, Vol 17, No 18, (September 15, 1971), p 48

Technological Review of Computer/Communications

increase the number of clerks who can use the same equipment. One interesting approach is a terminal, developed by Lyman Richardson of T-Scan Ltd., which uses a marked card that is dropped into a slot from which it is ejected seconds later with an appropriate response message printed on the back of the card. The terminal is fast enough that many users can easily have access to the same terminal, either by walking over and dropping the card in for "real-time" processing, or, by saving the cards for "batch" insertion at the user's convenience. This terminal, of course, has wider application than POS. (The experiment in which it was first tested is described in the CCC/TF Background Paper 2, *Peel County Pilot Education System* by Lyman Richardson.)

Except that very rough cost projections appear in Figure 9, this overview has not treated a host of other terminals, most of which employ similar technologies to those discussed. Bank-teller, ticket-dispensing, stock-quotation, and remote-batch terminals are four which are seen to have wide application.

Figure 9
Monthly Rental of Data Terminal Units



Source:
Stanford Research Institute

Part B

Communications Technology

It is relevant to consider the types of demand that computers can, and do, make on communications facilities. Table 2 shows the bit rates associated with various items of computer equipment. It can be seen that data-rates vary by a factor of about 10^8 . However, in practical terms telecommunications requirements do not cover such a large range. With the possible exception of satellite communications of a scientific nature, there are, as yet, no requirements for data transfers at core memory cycle time-speeds — at least there are none which would be economic using available telecommunications facilities. However, it is likely that magnetic tape and microfilm data transfers at high rates would be used in many circumstances, were higher-speed communications economically available. TCTS have prepared a traffic load chart⁶⁰ in terms of bits/month for different bit rate classes. This chart seems to reflect an emphasis on use of the switched-voice network for data communications, resulting in a prediction of higher growth-rate and total volume for low-speed over medium-speed data in this decade. However, the accompanying figures for dedicated circuits, when included in an overall picture, probably reverse this prediction.

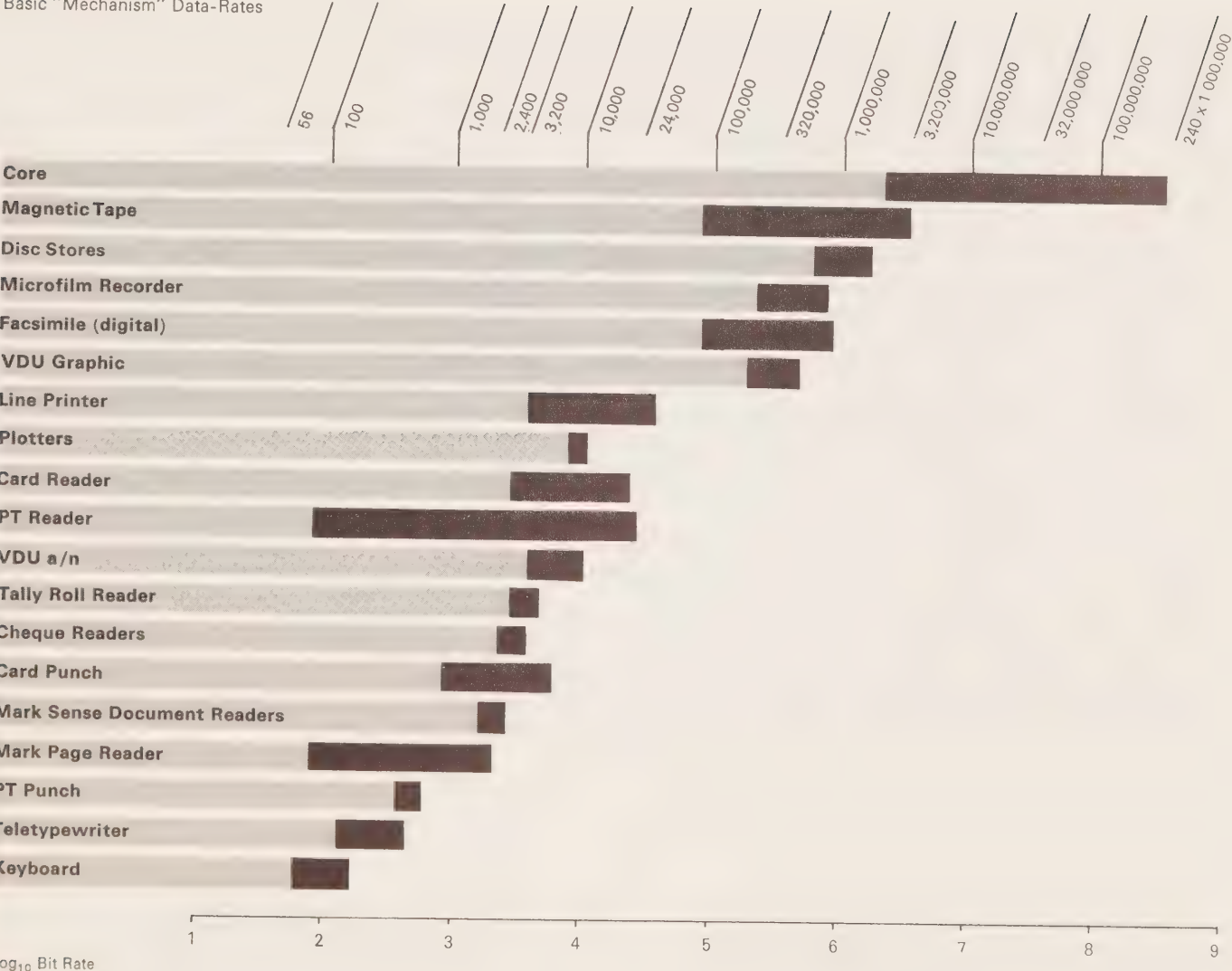
The effects of the growth in usage of transaction-oriented terminals on bit rates is difficult to predict at this time; nevertheless, a reasonable estimate of traffic volumes in bits may be made. Many potential and actual computer/communications applications are transaction-oriented, which is to say they involve very limited flows of information. Airline-reservation systems are, perhaps, the classic transaction-oriented example but there are many others. Hough, *et al*⁶¹ have predicted transaction volumes in the U.S. for 1990 — by which time most applications of the type they considered are likely to have

⁶⁰ Zeidler, H.M., *et al.*, *op. cit.*

⁶¹ Hough, R.W.; Fratessa, Carolyn; Holly, Virginia; Samuel, A.H. and Wells, L.J., *A Study of Trends in the Demand for Information Transfer* (Prepared for the National Aeronautics and Space Administration, Ames Research Center, Moffett Field, California, Contract NAS2-5369, SRI Project MU-7866) (Menlo Park, California, Stanford Research Institute, February, 1970)

Table 2
Data-Rates in a Computer System

Basic "Mechanism" Data-Rates



Technological Review of Computer/Communications

stabilized. These predictions have been listed in Table 3. It can be seen that cheque and credit transactions will predominate. Many of the types of transactions listed in Table 3 will be widespread in Canada before the end of this decade. A more detailed discussion of transaction predictions can be found in the article documented in Footnote 62.

It is likely that developments in Canada will follow, fairly closely, the pattern of U.S. development with perhaps a two- or three-year time-lag. Many transactions will no doubt require only local communications facilities, but a significant fraction will require long-distance facilities (as the Canadian Police Information System and the airline reservation systems do now). There is considerable flexibility in the means users can choose to transmit such data. For example, data could, in some instances, be accumulated at the source and transmitted in a burst at medium- or high-speed, or it could be sent over a public or private message-switching system, or over a private line, or possibly over a public switched system, with a very fast connect-time (less than a second). The choice made will clearly depend on the facilities offered by the common carriers and on the price to the user of those facilities.

An assessment can be made of the impact of technology on data transmission costs, but it is first useful to be clear regarding certain basic considerations. These are:

- i) The capital cost of the actual transmission facilities for long-haul telecommunications is a relatively small portion of the *total* investment in the Canadian public telecommunications network. The Trans-Canada Telephone System (TCTS), in its submission to *Telecommission Study 4(a)*, Section

⁶² Madden, J.C. "Some Aspects of Transaction Telecommunications". *Proceedings of the 1971 Data Processing Institute Conference* (Ottawa, 1971), pp 193-216

Table 3

Transaction Predictions for the U.S. for the Year 1990

Service		Transactions p.a.	Bits p.a.
1.	Cheques and Credit	340×10^9	1.4×10^{14}
2.	Crime Information Transfer	70×10^6	2.1×10^{13}
3.	Title and Abstract Search	20×10^6	1.8×10^{13}
4.	Stock Transfer	5×10^9	1.5×10^{13}
5.	Legal Information	30×10^6	9×10^{12}
6.	Airline Reservations	4.2×10^9	6.7×10^{12}
7.	Remote Medical Diagnosis	200×10^6	6.0×10^{12}
8.	Electrocardiogram Analysis	200×10^6	6.0×10^{12}
9.	Motor Vehicle Registration	245×10^6	1.5×10^{12}
10.	Driver's Licence Renewal	90×10^6	5.4×10^{11}
11.	Stock Exchange Quotations	4×10^9	4×10^{11}
12.	Hotel/Motel Reservations	100×10^6	1×10^{11}
13.	Auto Rental	40×10^6	4×10^{10}
14.	Sports and Cultural Event Ticketing	200×10^6	4×10^{10}
15.	Telegraph	35×10^6	3.5×10^{10}
16.	Stolen Property Information	7×10^6	2.1×10^{10}
17.	Stolen Car Information	5×10^6	1.5×10^{10}
Total (1990)		360×10^9	4×10^{14}
Datran Estimate (1980)		248×10^9	
Source: Hough, <i>et al</i> /* Datran**			

*
Hough, R. W.; Fratessa, Carolyn; Holly, Virginia; Samuel, A. H. and Wells, L. J., *A Study of Trends in the Demand for Information Transfer* (Menlo Park, California, Stanford Research Institute, February, 1970).

**
Data Transmission Company, The Datran Building, 1920 Aline Avenue, Vienna, Virginia 22180, U.S.A., "The Data Transmission Market of the 1970's".

Technological Review of Computer/Communications

5.1(b), discussed the distribution of the investment in network facilities. The capital cost distribution given for an individual subscriber was:

• Station and its associated connection	7.5 percent
• Distribution facilities	37 percent
• Local switching equipment	35 percent
• Tandem switching facilities	5.5 percent
• Long- and short-haul transmission facilities	15 percent

The above figures apply for a residence telephone, but are not greatly different for business users.

Thus, local plant accounts for approximately 80 percent of the total capital investment, and almost half of that cost is to be found in the local loop, *i.e.*, the twisted wire pair which runs between the local switching office and the subscriber.

ii) Data traffic currently accounts for a small fraction of total telecommunications revenue (about 6 percent). If voice traffic is assumed to be equivalent to 2,400 b/s, then TCTS estimate that data traffic accounts for only 0.08 percent of combined voice and data traffic for all Canadian carriers⁶³. These two figures provide some indication of the inefficiency of the voice communications system for data transmission, though there are other factors, such as the rental income from terminal equipment (which accounts for approximately 30 percent of Bell Canada data services revenue), which inflate data transmission revenues relative to those from telephone usage.

iii) Unlike the computer industry, where equipment is often written off in forty months, common-carrier equipment is usually designed to last for over twenty years.

⁶³ *Communications, Computers and Canada* (Trans-Canada Telephone System, Ottawa, November, 1971, revised December, 1971)

1. Long-Distance Transmission

In the next decade, the major impact of new technology is likely to be in long-distance transmission. In an appendix to the President's Task Force on Communications Policy in the United States (Rostow Report)⁶⁴, it has been estimated that the investment cost of adding a voice circuit mile of long-distance transmission facilities to the Bell (U.S.) system, which averaged \$11.50 in 1969, will be about \$1.50 by 1979.

The dominant characteristic of long-distance transmission is the economy of scale which is possible. The Rostow report gives, as a rule-of-thumb, that a doubling of the number of circuits on a terrestrial route involves an increase in total investment of about 60 percent. This effect of large trunk groups on costs was also apparent in a more recent Canadian study on digital communications⁶⁵. The effect is well illustrated in Figure 10.

The principal technologies employed or projected for long-distance transmission are summarized in Table 4.

A brief discussion of the various technologies follows. Much of this information was obtained from *Telecommission Study 4(a)*.⁶⁶ In some cases, entire paragraphs have been incorporated, and have remained essentially unaltered.

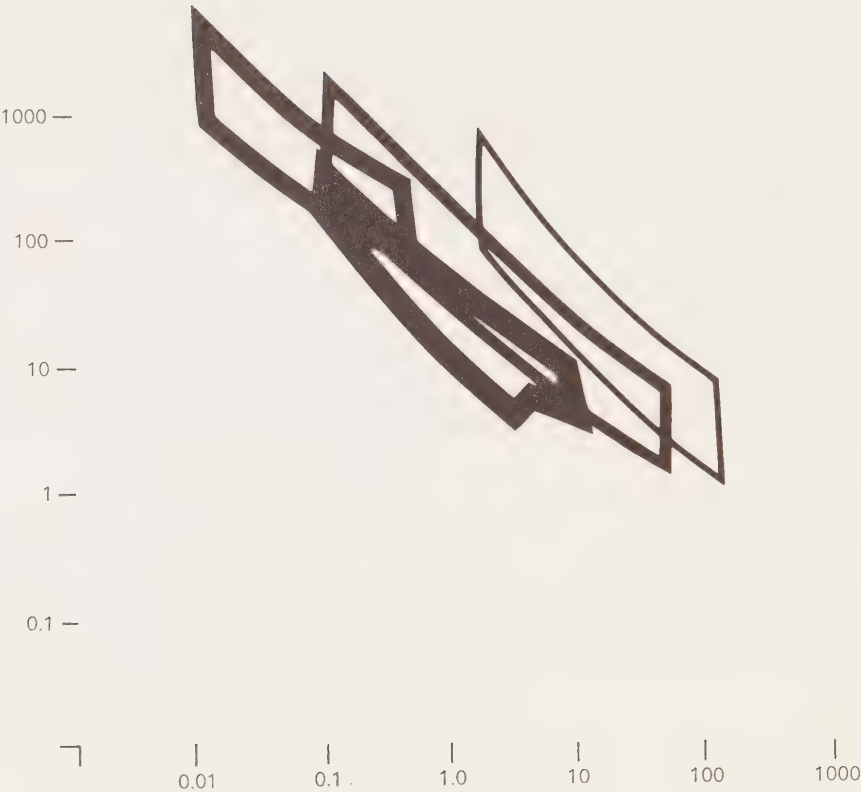
⁶⁴ Rostow, Eugene V. *A Survey of Telecommunications Technology, Part I* (President's Task Force on Communications Policy) (Washington, D.C.: U.S. Superintendent of Documents, June, 1969)

⁶⁵ Worrall, John. *Branching Out, Background Paper 11 — Local Facility Study* (Ottawa, Information Canada, August 1972)

⁶⁶ Department of Communications. *Telecommission Study 4(a): The Future of Communications Technology* (Ottawa Information Canada, 1971)

Figure 10
 Cost Trends in Terrestrial
 Transmission

Investment Cost
 (Dollars per
 Circuit Mile
 for New Systems)



Thousands of Circuits

Waveguide

Coax

Paired
 Cable

Microwave

Table 4
Transmission Technology Summary

Technique	Bandwidth	Estimated Cost/Voice Channel/Mile	Availability	Comments
Cable pair	several MHz	see Figure 12	Now	Attenuation 26 db per mile at 1 MHz (22 gauge wire). T-1 carrier used at 1.5 MHz.
Coaxial cable	several hundred MHz	see Figures 12 & 13	Now	Used for CATV systems. First long-haul cable to be operational in Canada in 1975.
Microwave	currently restricted to 30 MHz	see Figures 12 & 13	Now	Backbone of present long-haul in Canada at 4-6 GHz frequency range. Probable extension to 10-30 GHz frequency range as required.
Satellite	several GHz	see Figure 15	Now	Canadian Telesat operational in 1973.
Waveguide	about 65 GHz	see Figures 12 & 13	1973-1980	Laboratory systems operational.
Light fibre	about 50 GHz	unknown	1980's ?	Technology developing rapidly.
Light pipe	about 1,000 GHz	unknown	1980's ?	

Technological Review of Computer/Communications

(a) Twisted Pairs

Twisted wire pairs are used for low-capacity transmission (less than twenty-four voice channels). Existing digital transmission systems in Canada transfer information at 1.5 Mb/s. Such high transfer rates are not available on local loops, however, principally because the switching gear is not designed to cope with the associated high frequencies. The principal problem in transmitting high data-rates is that signal attenuation increases relatively rapidly at high frequencies, so that the spacing of amplifiers or repeaters along the line has to be reduced accordingly.

(b) Coaxial Cables

Coaxial cables are used in Canada for cable TV distribution systems. High-capacity long-haul transmission on coaxial cable is common in many countries. Bell Telephone Laboratories have recently developed a cable (L5) capable of carrying approximately 90,000 voice channels.

In Canada, Bell.Northern Research has undertaken a major development program for a long-haul digital coaxial cable system⁶⁷. This cable, designed for first service in 1975, operates at 283 Mb/s, sufficient for 4,032 voice channels per coaxial cable tube. Each full cable will contain twelve tubes, giving a total capacity of some 20,000 two-way voice channels when allowance has been made for spare capacity in case of breakdown. The cable has been designed for trunks up to 4,000 miles in length, but will be used first in the region between Quebec City and Windsor, Ontario. In this area, traffic densities of up to 12,000 voice circuits are already being encountered. Requirements for cross-sections of over 100,000 voice circuits are predicted for the mid-1980's in this region. The principal advantages of cables over microwave are, first, that for high-capacity digital transmission, they are in a more advanced state of development; and second, the transmission itself is

⁶⁷ Doyle, Frank J. and Goodwill, Daniel Z. *An Exploration of the Future in Medical Technology* (Montreal, Bell Canada March, 1971); and *Communications, Computers and Canada* (TCTS)

narrowly channelled (*i.e.*, within the cable), rather than being broadcast over a relatively wide area. In densely populated regions, where available microwave bandwidths are near capacity, the latter advantage can be significant. Thus, although digital microwave is likely to be cheaper when fully developed (as indicated in Figure 11), there is also likely to be a place for coaxial cables in the hierarchy of long-distance transmission facilities.

(c) Microwave

Microwave transmission provides the backbone of the present long-haul heavy-route communications systems in Canada, as well as many smaller capacity systems. Most of the equipment operates in the four-to-six GHz frequency bands. Currently four GHz transmission systems in Canada have a twenty MHz bandwidth. For much of this decade, most long-haul digital traffic in Canada will be carried over existing analogue microwave systems because

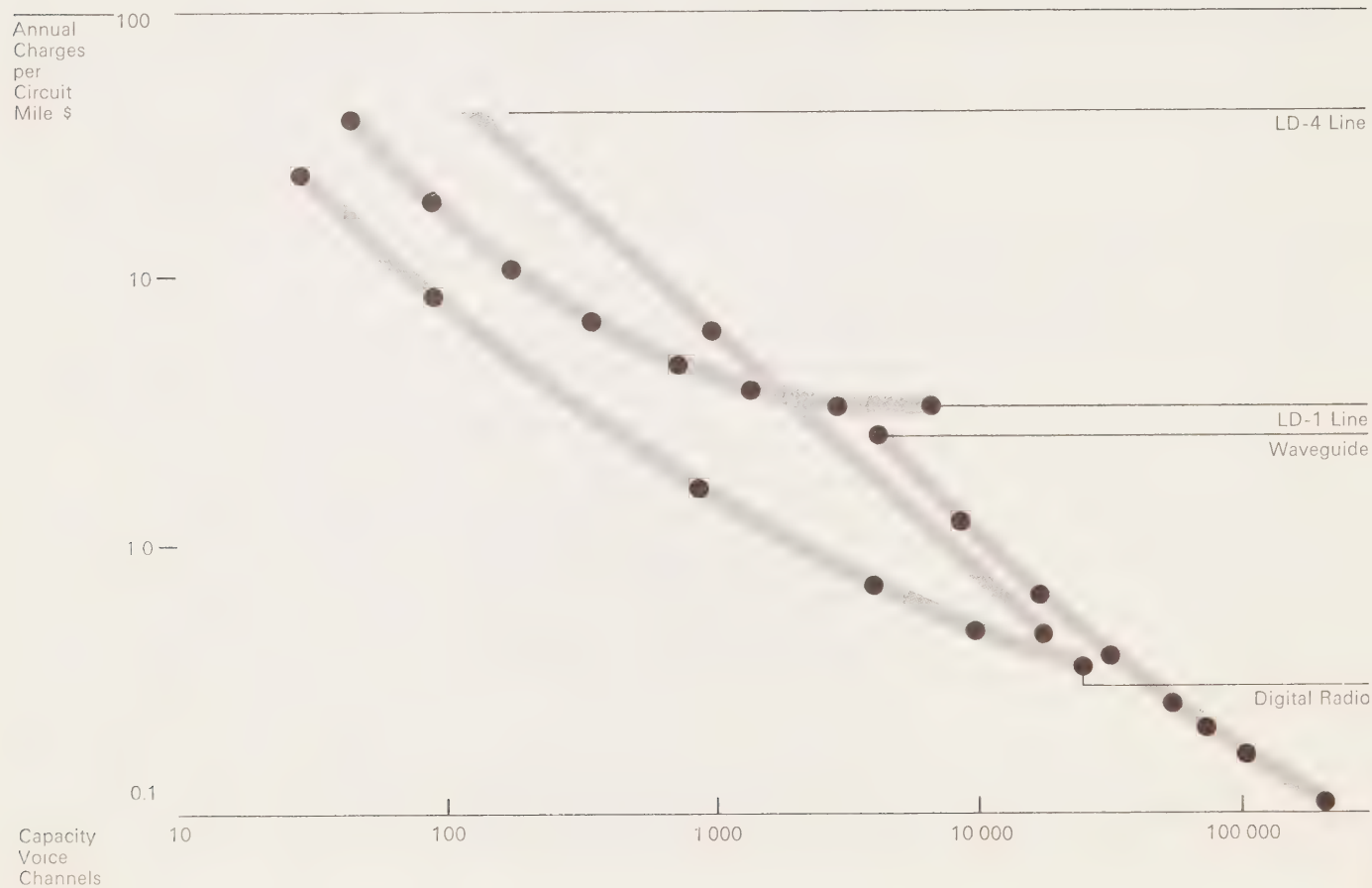
... [it] is not practical to convert these systems to digital operation without some loss of efficiency. The initial conversion being implemented in 1971, will develop 56,000 bits per second (nearly equivalent to one digitized voice channel) in place of an analogue group of 12 voice channels. As data traffic needs grow, a T1 stream (1.544 megabits per second, equivalent to 24 voice channels) will be inserted in the lowest 500 kHz of the radio channel (displacing 120 voice channels) or in the MGp 2 allocation displacing 180 voice channels. For still larger cross-sections the equivalent of 12 T1 systems (288 digitized voice channels) will displace the 600 analogue voice channels of the total radio channel.⁶⁸

The use of microwave radio for this type of service beyond this decade will depend upon the assignment of new frequency bands in the ten-to-thirty GHz region, where the use of wide bandwidths and digital coding techniques can provide a route capacity of 30,000 telephone circuits. The use of digital

⁶⁸ Communications, Computers and Canada, p 28

Figure 11

Annual Charges /Circuit Mile *versus* Circuit Capacities
for LD-1, LD-4, Digital Radio and Waveguide



Source: TCTS *

Communications, Computers and Canada
(Trans-Canada Telephone System, Ottawa,
November, 1971, revised December, 1971).

signalling techniques will also permit greater route densities and hence increased capacity. The feasibility of this type of service and its capability to overcome rain attenuation problems has been demonstrated, and it will probably prove attractive economically in comparison with cable, waveguide and satellite systems within the next five-to-fifteen years.

Digital microwave links are operational in several countries. A complete digital microwave transmission system is planned for the U.S. by the Data Transmission Company. It will serve thirty-five major metropolitan areas and employ 259 microwave repeaters. Initial capacity will be 4,000 full duplex, 4,800 b/s circuits. Proposed charges appear to be approximately one-third of the current charges using the telephone system, though direct comparisons are hard to make⁶⁹. The system is expected to have 48,000 subscribers by 1975⁷⁰.

(d) Satellite Relay

Present communications satellites are located in geostationary orbits and have earth-illuminating antennas. A continuing advance in the capability to place and maintain powerful satellites with narrow beam, fixed or steerable antennas in accurately specified positions, can be predicted.

Communications satellites are currently used to carry telephone and television signals between continents, and are also planned to provide communications within Canada. Within the time-period 1971/89, satellite relays have the potential to provide unique services in addition to the trunk facilities and TV distribution facilities that can be foreseen as becoming operative in the immediate future. These are:

⁶⁹ Fisher, C.R. "Introduction to the Datan Switched Digital Data Network". *IEEE International Conference on Communications, Montreal, June 14, 15, 16, 1971, Conference Record* (IEEE Cat No 71C28-COM), pp 23-1 to 23-3

⁷⁰ Hersch, Paul. "Data Communications". *IEEE Spectrum*, Vol 8, No 2 (February, 1971), pp 47-60

Technological Review of Computer/Communications

- Direct communication between points, eliminating the need to detour communications through terrestrial nodal points.
- Assignment of circuits between earth terminals on demand, to provide for changes in channel requirements and traffic destination.
- Relay of data from a wide variety of sensors, located over a large area for geological, meteorological, and other purposes.

The Canadian Telecommunications Satellite, scheduled for orbit in 1973, will provide twelve RF channels each with a useful bandwidth of thirty-six MHz. Annual rental for a single RF channel is to be three million dollars plus.

There are now four Intelsat IV satellites in orbit, each with a capacity for 6,000 two-way voice circuits.

One technical problem with geostationary earth satellites is the time delay of about 290 msec per hop introduced due to the long transmission path from the earth to the satellite and back⁷¹. Maximum overall delays for telephone conversations of 400 msec have been recommended, thus limiting voice transmission to a single hop unless direct communications between satellites are used. Data transmission will not, in most cases, be inhibited by such delays, although some design changes on methods of error-checking may be required. If a copy of the original is retained at the transmitting station until confirmation of correct transmission is received, somewhat larger buffers will be needed to retain transmitted data because of the longer delay.

The cost of earth-stations is directly related to the power of the satellite transmitter. In the Rostow report⁷² it is estimated that the cost of two-way Intelsat earth-stations will drop by a factor of ten to less than \$500,000

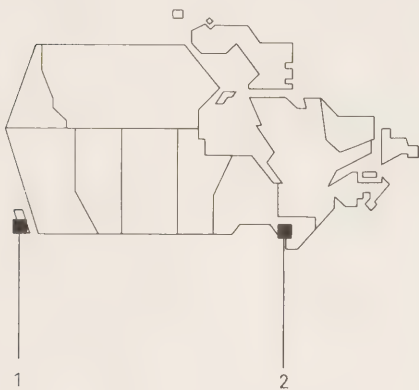
⁷¹ Wirz, Member of the Editorial Group of GAS/3. "Revision of COM GAS/3 — No 4: Chapter B VI: Communications-Satellite Systems". *CCITT Special Autonomous Working Party No. 3 — Contribution No. 16* (Period 1968-1972. GAS/3 — No. 16-E; November, 1970)

⁷² Rostow, Eugene V. *A Survey of Telecommunications Technology, Part I*

Figure 12

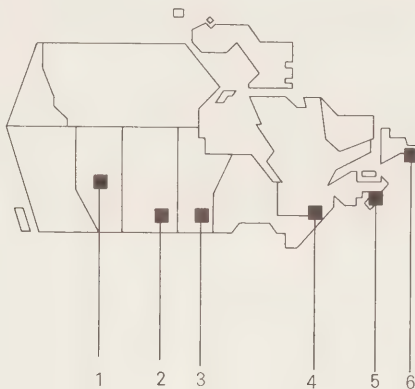
Location of Earth Station Sites
for Initial Canadian Domestic System

Heavy Route



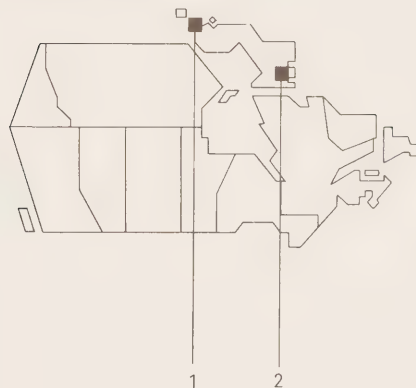
- 1
Lake Cowichan
- 2
Allan Park

Network Quality TV



- 1
Edmonton
- 2
Regina
- 3
Winnipeg
- 4
Montreal
- 5
Halifax
- 6
St. John's

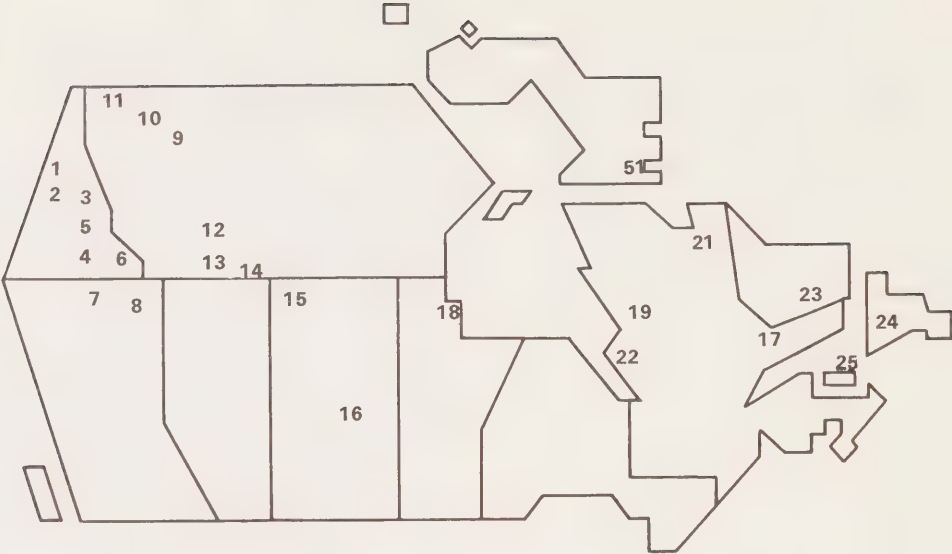
**Northern
Telecommunications**



- 1
Resolute Bay
- 2
Frobisher Bay

Figure 12 (cont.)

Remote Television



- 1 Clinton Creek
- 2 Dawson
- 3 Elsa
- 4 Whitehorse
- 5 Faro
- 6 Watson Lake
- 7 Cassiar
- 8 Fort Nelson
- 9 Norman Wells

- 10 Fort Good Hope
- 11 Inuvik
- 12 Yellowknife
- 13 Pine Point
- 14 Fort Smith
- 15 Uranium City
- 16 La Ronge
- 17 Sept Iles
- 18 Churchill
- 19 Great Whale

- 21 Fort Chimo
- 22 Fort George
- 23 Goose Bay
- 24 Port au Port
- 25 Magdalen Island
- b1 Frobisher Bay

during the 1970's, primarily due to the provision of increased power in the satellite. The two major ground stations for Telesat Canada are costing in the order of six million dollars each, inclusive of electronics and buildings.

A major feature of satellite communications is that transmission costs are distance independent over the area covered by the satellite (approximately one-third of the earth's surface area), though costs are of course dependent on there being a ground station within easy reach by terrestrial transmission methods. A cost model for Intelsat IV (1973 time-period) was described in Footnote 72. The results are depicted in Figure 13.

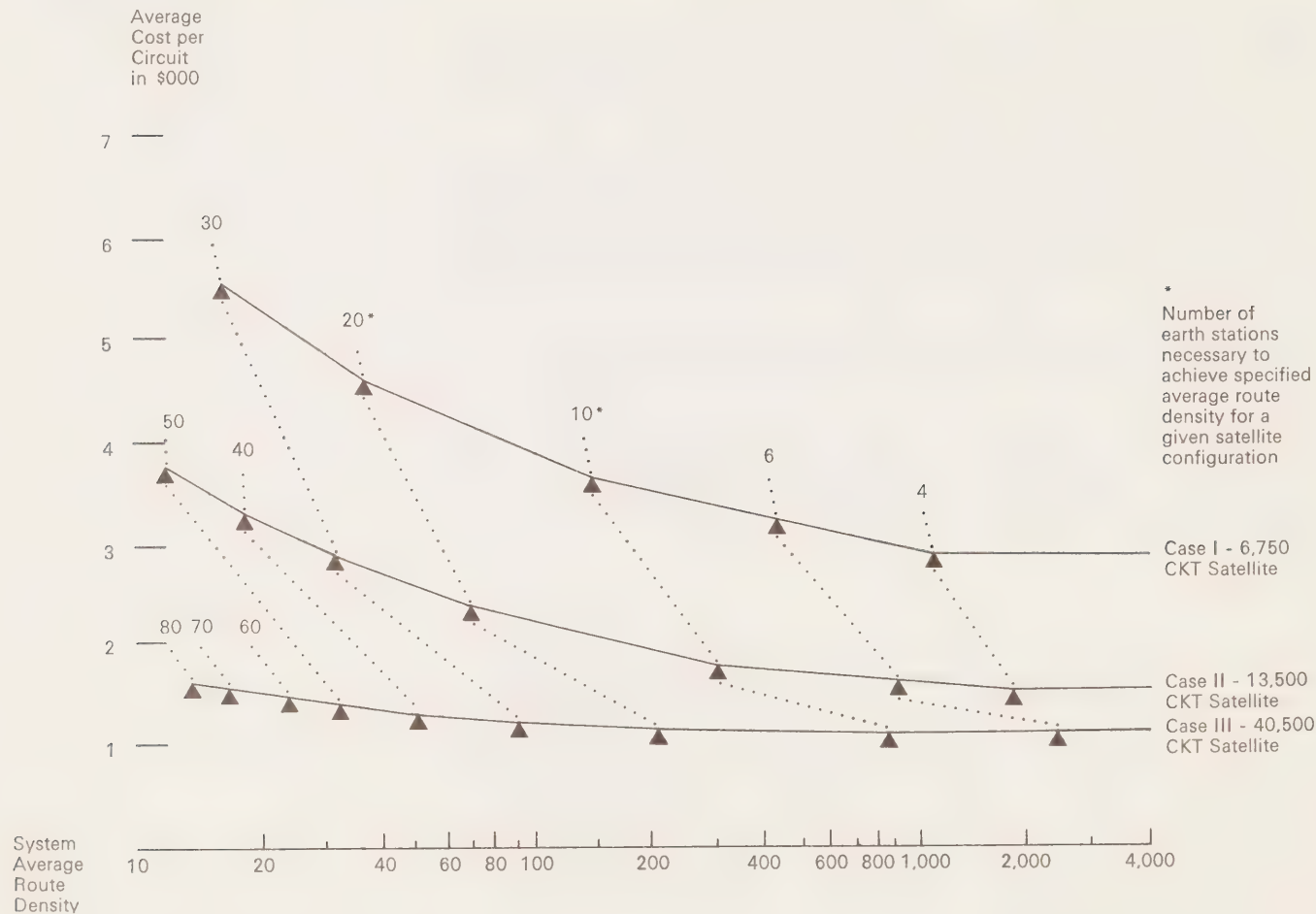
It can be seen that costs are strongly dependent on the average route densities, since proportionately more earth-stations are required for low-density routes.

Once cheaper ground stations are available (with more powerful satellites), this form of long-distance transmission could do much to improve communications in remote areas. Facilities of this type are unlikely to be available much before the end of the decade.

(e) Waveguides

Millimeter waveguide systems are now technically feasible, and installations in the U.S., the U.K., and Japan appear certain in the second half of the seventies. A typical system uses digital phase modulation at a 300-Mb/s rate, an one-GHz channel separation, and repeater spacings of fifteen to twenty-five miles. The guide itself, a two-inch round copper tube, has either a dielectric coating and/or a helical winding in it; improvements in knowledge of dielectric coatings may allow significant loss reduction. Capacities of 250,000 voice channels are planned, and increases are possible with improved modulation techniques, closer channel spacings, and reduced losses. The guide itself must be manufactured and installed carefully, to minimize reflections and mode conversion.

Figure 13
 Satellite Systems Cost Trends



(f) Light Fibre

Recent advances in fibre optic technology have made long-haul data transmission down light fibres feasible. Fibres with a total loss of about eighteen db/km have recently been manufactured by Corning Glass Works in the U.S. It is estimated that losses as low as ten db/km will be achieved before the end of the decade. Although there are still many practical problems to be solved, there seems little reason to doubt that intercity trunks carrying time-multiplexed digital signals of a few hundred megabits per second per fibre, with a repeater spacing of one-to-two miles, could be built. A bundle of a few hundred fibres could therefore carry several tens of gigabits per second⁷³. Such systems could be in prototype operation by the early 1980's.

Li and Marcatali⁷⁴ list the following attractive features of optical fibre transmission:

- Small size — important for inter-office trunk applications in metropolitan areas where duct space is expensive and congested.
- High capacity — a fibre can carry a single voice channel or a highly multiplexed channel, depending on the terminal electronics.
- Growth capacity — cables of fibre bundles afford an economic way of spatial multiplexing; an optical fibre system can therefore grow naturally and gracefully as demand increases.
- Economy — glass is plentiful and cheap; however, inexpensive fibres of adequate optical quality are yet to be manufactured in large quantities.
- Small bending radius — especially important in on-premises "wiring" applications.
- Equalization of the medium is often not necessary — frequency dispersion by the material over a few hundred megahertz is negligible.
- Fibre is noninductive — there is no stray field pick-up; with proper design, cross-talk should be minimal; also, protection against lightning is unnecessary.
- No need for cable pressurization — moisture and temperature problems should not be critical.

⁷³ Li, Tingye and Marcatali, Enrique A.J., "Research on Optical-Fiber Transmission", *Bell Laboratories Record*, Vol 49 No 11 (December, 1971), pp 330-7

⁷⁴ *Ibid*

Technological Review of Computer/Communications

There are also some problems, associated with optical transmission:

- Electrical power cannot be sent along the fibre.
- Installation, handling and repair of fibres will require imaginative new approaches.

Such is the versatility of this new material that suggestions have also been made that glass fibres be used for inter-office single-channel voice or videophone communications (using ordinary incoherent light and analogue intensity modulation).

(g) Light Pipe

The light pipe allows communications engineers a great deal of flexibility. It permits spatial, frequency, and time multiplexing. This flexibility is provided by laser sources of short (picosecond) pulses, with small beamwidth allowing many beams (600) in one pipe with adequate resolution, and various colour possibilities. Capacities of greater than 2,000,000 channels with fifty-mile repeater spacings are contemplated. The pipe itself must not move in such a way as to interrupt a beam; either it must be kept invariant under ground movements, or the beam must be bent. However, despite their glowing promise, uncertainties about feasibility, reliability, cost and size make these systems impractical in the seventies. Inexpensive systems appear attractive in the eighties, if a need for very high capacity is encountered.

In summary, it can be seen that sizable cost-reductions for long-distance digital transmission are dependent on a greatly increased demand for transmission. In Figure 14⁷⁵ the expected growth for long-distance calls (voice only) is shown (on the lower line). As stated in *Telecommission Study 4(a)*⁷⁶:

“Costs per channel mile have been steadily decreasing in Canada for long-haul facilities as shown in the upper curve of Figure [15] The lower curve is

⁷⁵ Department of Communications. *Telecommission Study 4(a)*. pp 33-4

⁷⁶ *Ibid*

Technological Review of Computer/Communications

the theoretical limit based on utilizing full system capacities as soon as they are introduced.

"The decrease in costs of these systems has been brought about by the continual advances in technology in increasing the system cross-section capacities. The real economy is in the economy of scale of a route, and the upper curve indicates a trend to approach the lower limit, as the cross-section capacities increase in Canada. The curves shown are only approximate averages as actual figures vary significantly year by year, especially when new routes must be introduced."

It is notable that most of the new developments in long-distance transmission employ pulse-coded modulation to transmit voice data. This technique is well suited for data transmission and should permit much more efficient utilization of long-haul facilities, thus leading to lower data transmission according costs. Cost-reductions (by a factor of nine for long-distance data transmission) to U.S. data on the subject are possible by the end of the decade.

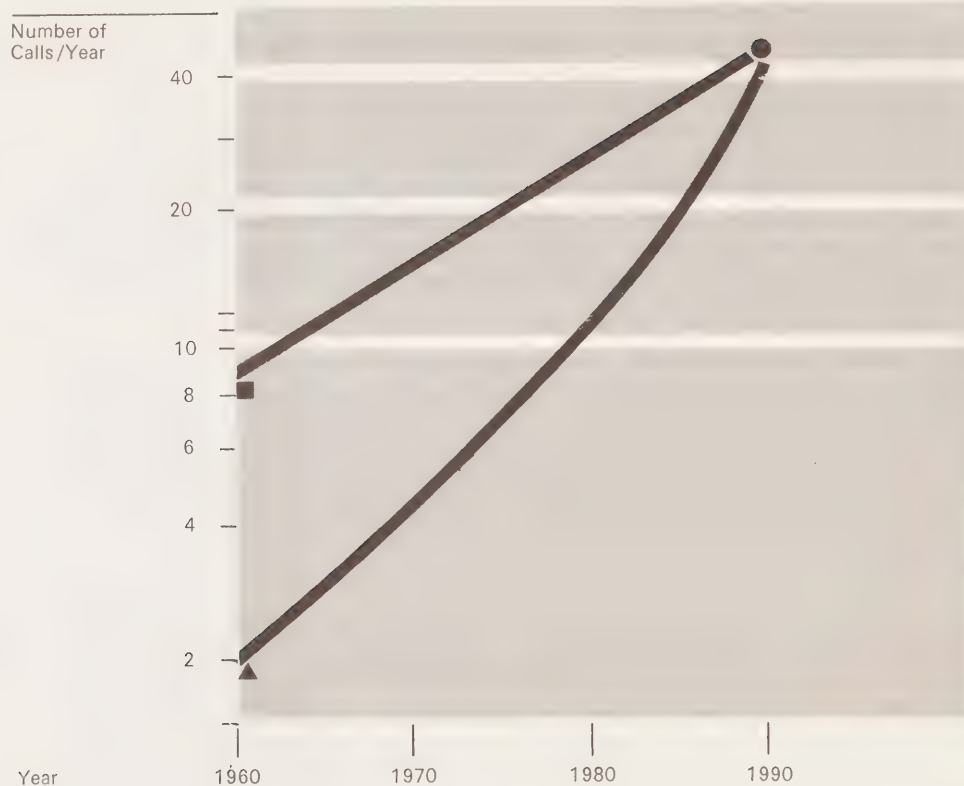
2. Switching

The most promising developments in the area of switching equipment for data transmission are: first, the development of high-speed line-switching equipment, and second, the further development of message-switching capability. To some extent, these two developments are competitive, since the provision of one is likely to reduce the demand for the other, but the overlap is by no means complete. It is significant that the General Post Office (GPO) in the United Kingdom is planning to provide both services on a restricted experimental basis in the 1975-76 time-frame⁷⁷.

⁷⁷ Allery, G.D. and Chapman, K.J., "Features of a Synchronous Data Network for the United Kingdom", *IEEE International Conference on Communications, Montreal, 1971*, pp 31-10 to 31-13 (Some information was also derived via private conversation)

Figure 14

Expected Growth of Existing Common Carrier
Switched-Networks for All Services for
Both Local and Toll Calling



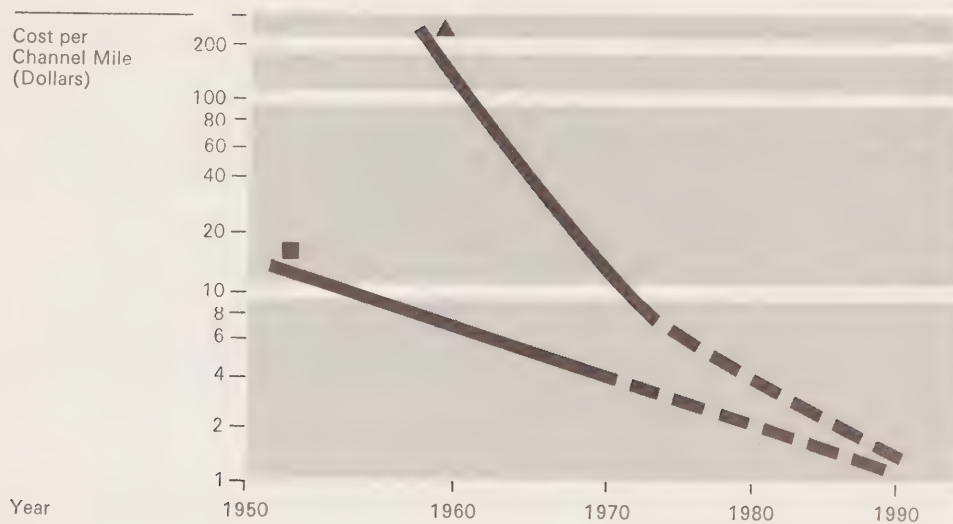
▲
Switched Voice Band
Services Toll Calls
Scale X 10⁹

■
Switched Voice Band
Services Local Calls
Scale X 10⁹

Source : *Telecommission Study 4(a)* *

•
Department of Communications, *Telecommission Study 4(a):
The Future of Communications Technology*, p.83.

Figure 15
Long-Haul Facilities Less Terminal Equipment



▲
Average Due to
Route Size in
Canada

■
Theoretical
Lower Limit

Source : *Telecommission Study 4(a)* *

*
Department of Communications, *Telecommission, Study 4(a):
The Future of Communications Technology*, p.83.

Technological Review of Computer/Communications

(a) Fast Switching Centres

Work is proceeding in the United Kingdom⁷⁸, and elsewhere, aimed at providing a user-to-user connection time in the order of 100 msec. A British experimental switching system of this type is expected to be in operation by 1976. Simulations by M. C. Andrews and his associates at the IBM Research Laboratory in Zurich suggest that, if such a switching centre were in general operation, a large proportion of the transaction-oriented data transmission applications could be satisfied at lower cost than with a message-switching facility. The GPO plans to employ their fast switching centres as an add-on to their existing voice system. The local loop would be the same as for the voice-network except that it would be connected to the fast switcher at the central exchange. Trunk lines outgoing from the exchange would contain a mixture of digital data and pulse-coded voice.

The provision of this facility will make new application areas for digital transmission economic, and reduce the cost of transaction-oriented systems (such as the airline reservation networks) which will be able, once again, to make economic use of the switched-network. Furthermore, since the fast switch can reasonably be treated as an add-on to the present switched-network, installation can proceed without revolutionizing the existing system.

The impact of new technology on switching costs is very hard to assess. It is significant, however, that Bell Telephone Laboratories in the U.S. and Bell.Northern Research in Canada have undertaken sizable research efforts in solid-state devices applicable to electronic switching. The Data Transmission Company (Datran) in the U.S. has recently announced that it will use electronic switches capable of realizing a 100-microsecond connect-time on their projected U.S. data transmission network. On balance, though, because of the slow rate of conversion to electronic switching equipment on the voice-network, and because any high-speed data switch which may be developed as an add-on to the current system is unlikely to be produced in

⁷⁸ Allery, G.D. *et al. op cit*

large quantities over the next decade, it seems unlikely that significant savings in switching costs can be expected.

However, while the switches themselves may be no cheaper, they may significantly affect the utilization of long-distance lines, and hence contribute indirectly to cost-savings.

(b) Electronic Data Switching

Siemens in Germany have developed a computer-controlled switching system exclusively for digital data. The system which is called EDS (Electronic Data Switching) has been built and tested and is due for installation in the (large) German Telex system starting in 1973. The system has also been ordered by Western Union in the United States.

The switch itself is an interesting application of computer technology. Each incoming line is directly connected to a word of memory. In order to "establish a connection" it is necessary only to write the memory address, associated with the "destination" line in the "origination" line memory-word, and set a "use" flag bit. The reciprocal address is written in the destination memory-word also, to allow two-way data traffic. Whenever there is a polarity change on the incoming data line, an interrupt flag is set, commanding the computer to transfer the polarity change to the outgoing line. Unless a polarity change occurs, no action by the computer is required. The computer services sequentially interrupts (*i.e.*, not on a first-come, first-served basis) at a maximum rate of one interrupt per computer cycle time (currently one microsecond). Thus, an absolute maximum throughput of data through the switch would be two Mb/s. In practice, the rate is somewhat lower in order to keep data transfer delay times to a reasonable level, and to permit the computer to attend to various overhead operations. A rate of 800,000 b/s is thought to be a reasonable upper limit. The switch can have up to 16,384 lines connected to it.

There are some interesting features of this unique switch design.

Technological Review of Computer/Communications

First, relays have been virtually eliminated from the switch itself (though they are used in remote data concentrators), which reduces the maintenance required. High reliability has been designed into the system through provision of redundant elements and error checks.

Second, "connections" are made virtually instantaneously (*i.e.*, within microseconds) and, up to a maximum data-rate of 9,600 b/s (and a minimum of about two b/s), any data-rate can be accommodated, whether synchronous or asynchronous. Furthermore, the fraction of the switch's capability engaged is directly proportional to the data-rate through the switch.

Third, the fact that the switch is computer-controlled makes a number of special features relatively easy to provide. For example, hot-line service can be provided between two sites simply by leaving the "use" flag bit continuously set. Private networks can also be provided by programming allowed interconnections into the computer.

There are, however, some important disadvantages. These are:

- The type of switching used can introduce considerable jitter at high data-rates. In this regard, it should be pointed out that the switch was designed to process data 93 percent of which was 200 b/s or less. The manufacturers have provided a facility to off-load high data-rate connections using conventional switching.
- Although the system appears well suited to the German environment, with its relatively compact geography and high population density, in Canada, it seems important, at least in the long-term, to provide

a switching system which is adaptable to many telecommunications requirements, so that all services can benefit from the economies of scale to be derived from heavy utilization of facilities. EDS is not designed for, nor is it practically adaptable to, voice or video communications switching. Of course the economies-of-scale argument can be overemphasized. It is quite possible that, in the shorter term, the EDS switch will fill a gaping hole in existing data communications services.

(c) Message-Switching

Message-switching store-and-forward systems are not new. They have been used by the military and by the telegraph companies for many years. The introduction of computers to store-and-forward systems greatly increased the potential speed and flexibility of such systems.

The principal advantage of the store-and-forward technique is that messages can be transmitted essentially instantaneously, without any concern by the sender as to the availability of all the line segments over which the message will travel to the receiver. Furthermore, by queueing the messages at each node, it is possible to achieve high line utilization, although, depending on traffic characteristics and queueing length, at the cost of some delay.

Additional advantages of store-and-forward systems are:

- It is relatively easy to transmit the same message to more than one receiver with such a system.
- It is possible to introduce the concept of priorities, where those who are prepared to wait to have their data transmitted will pay less.
- A message-switching computer can be used as a means of centralizing several functions which might otherwise have to be performed at each individual terminal. These functions include:
 - (i) Assembly of locally received information into packets for efficient transmission;
 - (ii) code conversion or encryption of incoming or outgoing data (if desired);
 - (iii) attachment of routing and error-checking information to the packet, and
 - (iv) performance of transmission error checks on receipt.
- The switching computer can be instructed to provide deliberately delayed message delivery.

A number of private computerized message-switching networks are now in use (in Canada and elsewhere), some of which use privately-operated node computers, and some of which rent a portion of message-switching facilities from the common carriers.

Recent work sponsored by the Advanced Research Project Agency (ARPA) in the U.S.⁷⁹ and by D.W. Davies at the National Physical Laboratories in the U.K.⁸⁰, has greatly advanced the state of the art in this field. The store-and-forward sub-system of the data transmission network planned for the U.K. is based on Davies' investigations.

⁷⁹ Frank, H.; Frisch, I.T. and Chou, W., "Topological Considerations in the Design of the ARPA Computer Network" *AFIPS Conference Proceedings, Volume 36: 1970 Spring Joint Computer Conference, May 5-7, 1970, Atlantic City, New Jersey* (Montvale, N.J., AFIPS Press, 1970), pp 581-7

⁸⁰ Davies, D.W., "The Principles of a Data Communication Network for Computers and Remote Peripherals" *Proceedings of the IFIP Congress 68, Volume 2 — Hardware Applications, Edinburgh, August 5-10, 1968* (Amsterdam Netherlands, North-Holland Publishing Company, 1969), pp 709-15

Technological Review of Computer/Communications

It seems unlikely that a message-switching system will be able to operate as economically as a fast line-switching system. However, because of its additional capabilities, it may well be a useful adjunct, even if the fast switcher does become available. In the shorter term, it will provide an otherwise unobtainable service. Research into the feasibility of providing a public computer message-switching system in Canada is being undertaken by TCTS. Telephone and telegraph companies in Canada currently provide this service for private use only.

3. Local Loops

As mentioned at the start of the section on communications, the carrier investment in local loops represents approximately 37 percent of total investment. There is little prospect for substantial cost-savings in this area over the next decade, but there is likely to be more pressure to increase the information-carrying capacity of local loops. Some preliminary work in switched broadband systems has been carried out in Canada but the general availability of a broadband switched-network of the "total communications" type appears to be beyond the general time-frame of this forecast. The ensuing discussion of paired cable and coaxial cable loops is extracted from *Telecommission Study 4(a)*.⁸¹

"(a) Paired Cable Distribution

"Three basic categories in paired cable technology offer solutions.

- "(i) Regular twisted paired cable as found in the distribution today is inexpensive, and offers the potential of a much higher information rate than it is used for today. Each pair has the potential of one-way transmission at about 1.5 M bits/sec with repeaters over 1.15 miles. Subscriber carrier employing IC's and digital filters could prove

⁸¹ Department of Communications. *op. cit.*, pp 44-5

Technological Review of Computer/Communications

economical during 1975 to 1980 in providing a second line capability with much improved transmission quality. The concept of a new communications, set by 1975 to 1980, employing tone alerting tone supervision, and reduced loop current or even remote powering could drastically reduce the gauge of cable pairs and hence, the cost of the exchange facilities.

- “(ii) Low capacitance paired cable, similar to that used in short-haul transmission facilities, could also be introduced to allow for higher information rate type of services. With presently attainable values, a 6.3 M bit/sec facility is possible with digital repeaters every 2.5 miles.
- “(iii) Forms of highly balanced paired cable are also possible which would yield much higher bit rates or increased repeater spacings if higher bit rates are required. The common carriers have had many years' experience with highly balanced cables.
- “In the past the costs of switching have been high in comparison with trunking. Today local switching costs are comparable with distribution costs. As switching units become smaller and less expensive in the 1980 to 1985 period it should be possible to decentralize the switching matrices. This may favour paired cable distribution as the subscriber distribution would become much shorter from the decentralized switches and their associated shared higher usage trunking. The shorter length of paired cable should mean no individual repeaters per subscriber loop for wideband facilities and would avoid the problems of longitudinal currents which are present on coaxial cable.
- “(b) *Coaxial Cable Systems*
- “Two basic layouts for coaxial cable distribution systems are possible, the coaxial loop and the dedicated switched coaxial system.
- “(i) The coaxial loop distribution system could be achieved on either [a frequency-division or time-division multiplexing] basis. A broadband large coaxial tube would loop round a community connecting approximately 200 subscribers before returning to the originating point. Total one-way services such as CATV, FM and AM radio as well as two-way

Technological Review of Computer/Communications

videophone, data and voice could be provided on the same facility. Present cost studies in progress may indicate that such a system is probably only economical for combined total services. Also in sparsely populated areas the system would not be as attractive as in metropolitan areas.

“(ii) The second possible coaxial system is the individual switched coaxial distribution. Coaxial cable in a miniature form would be used in place of paired cable in the distribution network. Unlike paired cable the coaxial cable is not as flexible for splicing and rerouting after placement. With decentralized switching and depending on the degree of decentralized switching which is attainable, this system may have application if distribution of all types of information — videophone, voice, CATV, FM, etc. — are provided.

“Either system will require cheap reliable electronics both for station and repeater use. Although improvements in cost and size will be made during the 1970 to 1980 period, the major improvements will be possible with LSI and digital filters in the 1980 to 1985 period.”

A number of experiments have been undertaken (particularly in the U.S.) on the use of cable TV facilities to provide two-way communication. While this type of facility is not readily adaptable to arbitrary interconnections between subscribers, it is not overly difficult to provide subscribers with a link back to a central source (which can be a computer). Several experimental systems have been used for soliciting subscriber reaction to program material, and to enable subscriber participation to a limited extent. Guité⁸² has described several experiments of this nature.

⁸² Guité, Jean-Michel. *Branching Out, Background Paper 4 — New Technology for Citizen Feedback to Government* (Ottawa, Information Canada August, 1972)

Technological Review of Computer/Communications

The mean local loop length for Canada is probably in the range of 11,000-to-12,000 feet (extrapolated from U.S. figures)⁸³. Average loop costs as a function of length for the General Telephone system are shown in Figure 16. The distribution of loop lengths is shown in Figure 17. The average local loop is 1.35 times the airline distance from the exchange to the user station.

4. Modems

Modems, or modulators/demodulators, provide the interface between computer systems and terminals and the common-carrier switched (voice) network. As a general rule-of-thumb, the purchase price of modems has been estimated at one dollar per b/s⁸⁴, so that a 2,000-b/s modem would sell for approximately \$2,000. In fact, there is a wide variation regarding this price, depending on the particular features desired. Whether or not some of the features are necessary may be dependent on the condition of the common-carrier lines over which the user is transmitting or receiving.

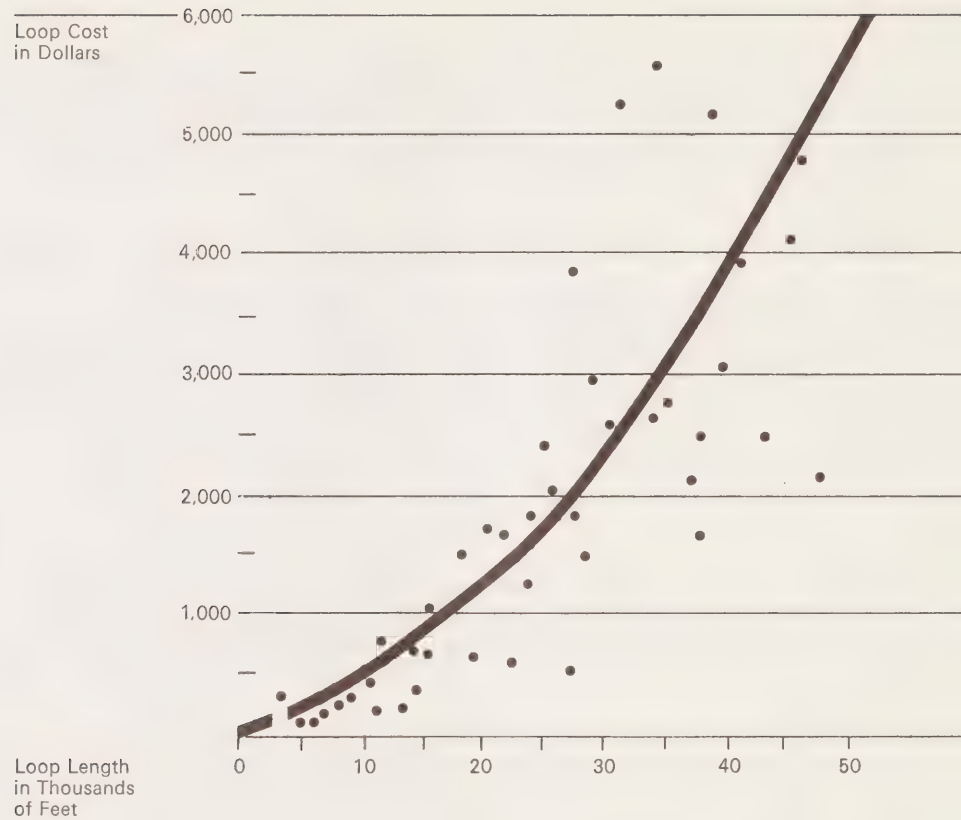
In general, most data transmission over the Canadian switched-network is at 2,000 b/s or less. Transmission over leased voice-grade lines at 4,800 b/s is now quite common, and some transmission is now successfully carried out at 9,600 b/s over leased voice-grade circuits, although modems for this service are costly.

When digital transmission on the local loops is introduced (as is planned by TCTS starting in 1973 on a pilot scale), then modems, as such, will disappear in this particular service offering. There will still be a need for an interfacing device to protect common-carrier facilities and to provide the synchronization pulses. Some form of automatic dialing mechanism on non-leased lines may also be required. The cost of the interface should be considerably below that of a modem, but cost figures are not yet available.

⁸³ Davis, Clinton H. and Lally, William J., "Systems Engineering Survey of Subscriber Loop Plant", *IEEE Transactions on Communication Technology*, Vol COM-19, No 1 (February, 1971), pp 71-9; and Gresh, Philip A., "Physical and Transmission Characteristics of Customer Loop Plant", *The Bell System Technical Journal*, Vol 48, No 10 (December, 1969), pp 3337-85

⁸⁴ Cronin, Frederick R., "Modems and Multiplexers — What They Do for Data Communications", *Data Processing Magazine*, Vol 12, No 12 (November, 1970), pp 31-4

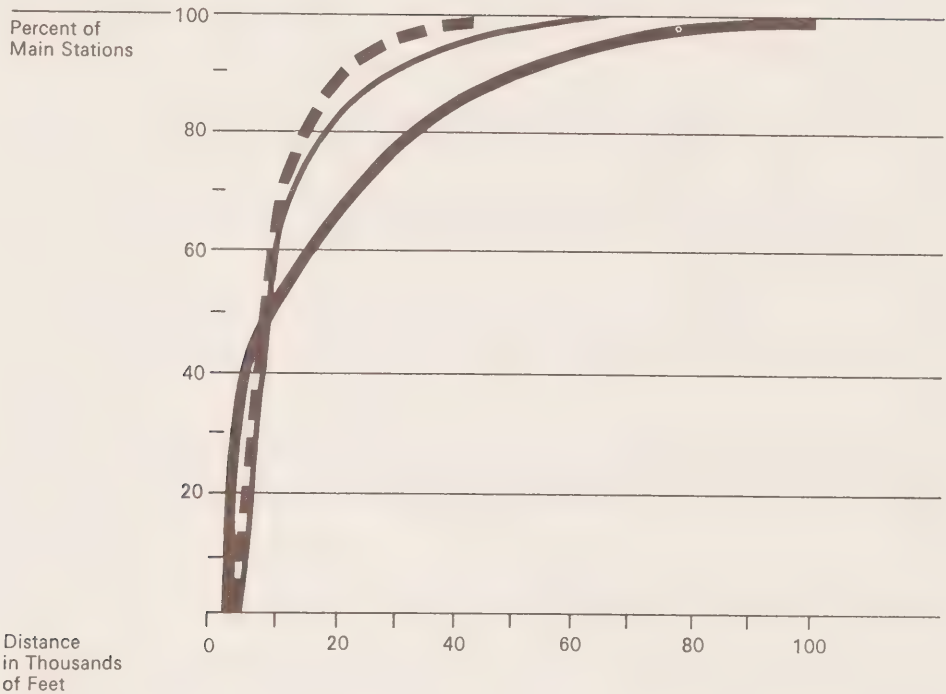
Figure 16
Cost per Loop





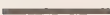
Source: Davis and Lally*

* Davis, Clinton H. and Lally, William J., "Systems Engineering Survey of Subscriber Loop Plant", *IEEE Transactions on Communication Technology*, Vol. COM-19, No. 1 (February, 1971), pp. 71-9.

Figure 17
Route Distance—Central Office to Sampled Telephone Station



Mean and 90% Confidence Interval

		
REA 3.4±0.2 Miles	Bell 2.0±0.1 Miles	General 2.2±0.1 Miles

Source: Davis and Lally*
 • Davis, Clinton H. and Lally, William J., "Systems Engineering Survey of Subscriber Loop Plant", *IEEE Transactions on Communication Technology*, Vol. COM-19, No. 1 (February, 1971), pp. 71-9.

Bibliography

Doyle, Frank J. and Goodwill, Daniel Z., *An Exploration of the Future in Medical Technology* (Montreal, Bell Canada, March, 1971).

Graham, William R., *The Impact of Future Developments in Computer Technology* (Document No. P4401; California, The Rand Corporation, June, 1970).

Hartley, G.C., "Opportunities and Problems of Synchronous Networks", *IEEE International Conference on Communications, Montreal, 1971*, pp.31-5 to 31-9.

Helliwell, John F.; Shapiro, Harold T.; Sparks, Gordon R.; Stewart, Ian A.; Gorbett, Frederick W. and Stephenson, Donald R., *Bank of Canada, Staff Research Study No. 7: The Structure of RDX2* (Ottawa, Ontario, Bank of Canada, 2 Vols., 1971).

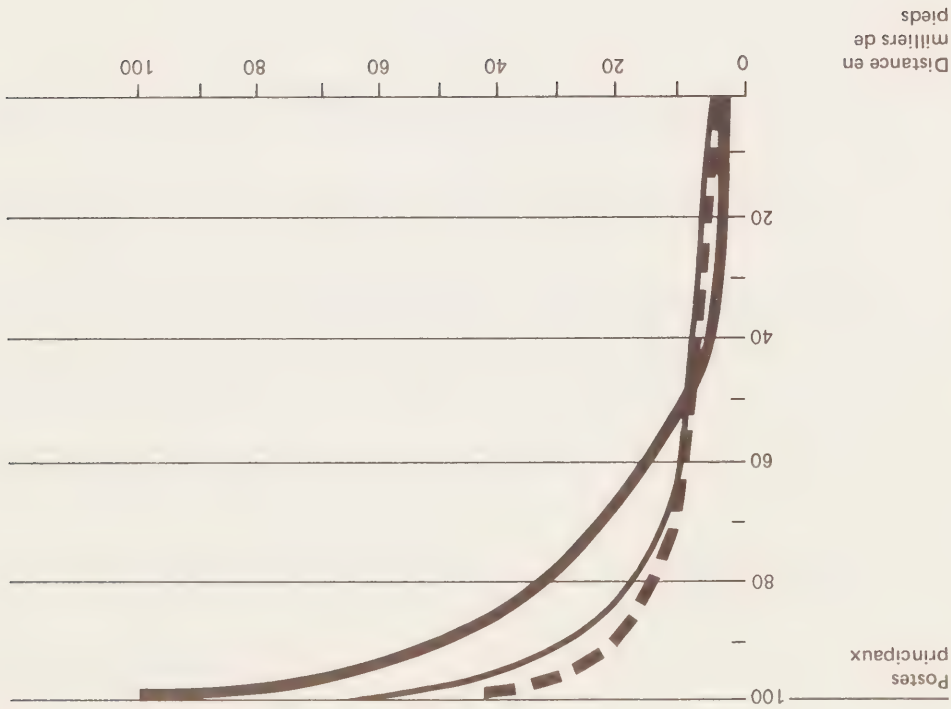
Johnson, R.R., "Needed: A Measure for Measure", *Datamation*, Vol.16, No.17 (December 15, 1970), pp.22-30.

Sharp, Duane E., "Minis Are Outstripping the Maxis in Computer Marketplace", *Canadian Datasystems*, Vol.2, No.11 (November, 1970), pp.32-8.

Bibliographie

- Doyle, F. J. et Goodwill, D. Z., *An Exploration of the Future in Medical Technology*, Montréal, Bell Canada, mars 1971.
- Graham, W. R., *The Impact of Future Developments in Computer Technology*, no P4401 du document, Californie, Rand Corporation, juin 1970.
- Hartley, G. C., « Opportunities and Problems of Synchronous Networks », *IEEE International Conference on Communications*, Montréal, 1971, pp. 31-5 à 31-9.
- Helliwell, J. F., Shapiro, H. T., Sparks, G. R., Stewart, I. A., Gorbet, F. W. et Stephenson, D. R., *Bank of Canada, Staff Research Study No. 7 : the Structure of RDX2*, Ottawa, Ontario, Banque du Canada, 2 volumes, 1971.
- Johnson, R. R. « Needed : a Measure for Measure », *Datamation*, vol. XVI, no 17, 15 décembre 1970, pp. 22-30.
- Sharp, D. E., « Minis Are Outstripping the Maxis in Computer Marketplace », *Canadian DataSystems*, vol. II, no 11, novembre 1970, pp. 32-38.

Figure 17
Longueur de voie entre le bureau central et un poste téléphonique choisi au hasard



Exactitude moyenne et à 90 %

R. E. A. 3.4 ± 0.2 mille
Bell 2.0 ± 0.1 mille
Général 2.2 ± 0.1 mille

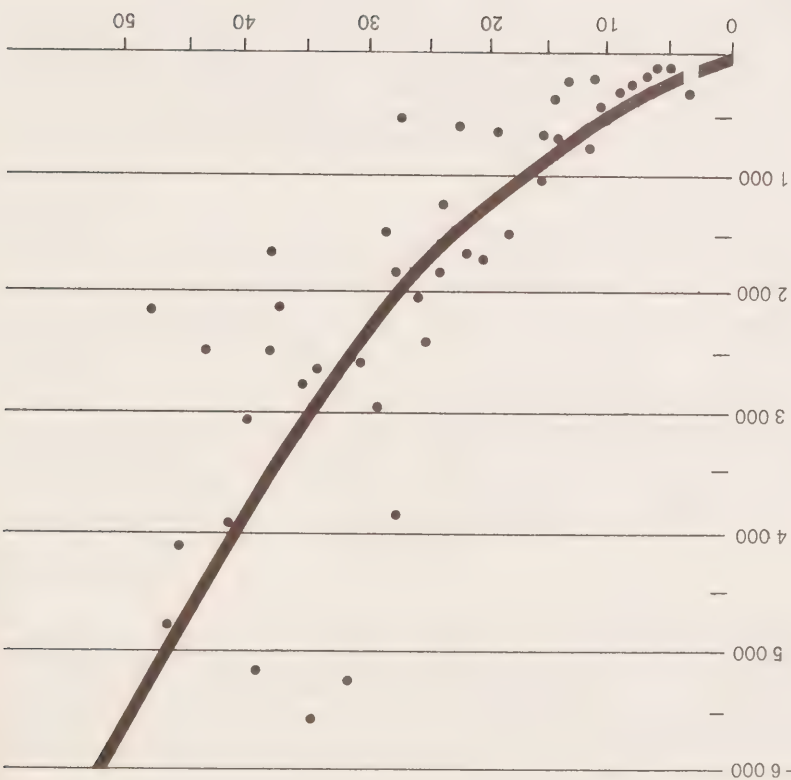
Clinton H. Davis et William J. Lally, « Systems Engineering Survey of Subscriber Loop Plant », *IEEE Transactions on Communication Technology*, vol. COM-19, n° 1, février 1971, pp. 71-79.

Sourpe : Davis et Lally*

Figure 16
Coût par ligne d'abonné

Longueur des
lignes d'abonnés
en milliers
de pieds

Frais
de ligne
d'abonné
(\$)



Source : Davis et Lally*

Clinton H. Davis et William J. Lally, « Systems Engineering Survey of Subscriber Loop Plant », *IEEE Transactions on Communication Technology*, vol. COM-19, n° 1, février 1971, pp. 71-79.

En extrapolant des chiffres relatifs aux États-Unis⁸³, nous situons entre 11 000 et 12 000 pieds la longueur moyenne du circuit local au Canada. La figure 16 indique le coût du circuit moyen d'après la longueur pour le réseau téléphonique général. Quant à la répartition selon la longueur, elle est illustrée par la figure 17. Le circuit local moyen a une longueur de 1,35 fois la distance en ligne directe entre le central et le poste de l'utilisateur.

4. Les modems

Les modems ou modulateurs-démodulateurs assurent la liaison entre les installations informatiques (ordinateurs et terminaux) et le réseau commuté à fréquence vocale de la société exploitante. Selon une règle empirique, le prix de revient des modems serait d'un dollar par bit-seconde⁸⁴. Un modem de 2 000 bits-seconde se vendrait donc \$2 000. Mais dans la pratique ce prix varie sensiblement selon les caractéristiques désirées. L'état des lignes servant à la transmission ou à la réception peut aussi intervenir.

D'une manière générale, la télétransmission de données par le réseau commuté s'effectue au Canada à 2 000 bits-seconde ou moins. La transmission par ligne à fréquences vocales en location, à un rythme de 4 800 bits-seconde, est assez répandue aujourd'hui; on atteint parfois, pour ces circuits, un débit de 9 600 bits-seconde, mais alors les modems sont coûteux.

Lorsqu'on adoptera la transmission numérique pour les circuits locaux (comme le projetait le Réseau téléphonique transcanadien pour 1973), les modems proprement dits ne feront plus partie du service. Mais il faudra toujours un dispositif de liaison pour protéger les installations des sociétés exploitantes et pour fournir des impulsions de synchronisation. On pourra aussi avoir besoin d'un dispositif de composition automatique pour les lignes non louées. Le prix de revient de la liaison devrait être de beaucoup inférieur à celui du modem, mais il n'existe pas de calculs sur ce point.

⁸³H. Clinton et J. William Lally Davis, « Systems Engineering Survey of Subscriber Loop Plant », *IEEE Transactions on Communication Technology*, vol. COM-XIX, n° 1, février 1971, pp. 71-79; Philip A. Gresh, « Physical and Transmission Characteristics of Customer Loop Plant », *Bell System Technical Journal*, vol. XLVIII, n° 10, décembre 1969, pp. 3337-3385.

⁸⁴Frederick R. Cronin, « Modems and Multiplexers — What They Do for Data Communications », *Data Processing Magazine*, vol. XII, n° 12, novembre 1970, pp. 31-34.

avant de revenir à son point de départ. La même installation pourrait fournir des services unidirectionnels tels que la télévision et la radio AM et FM, et des services bidirectionnels tels que la visiohone, le téléphone et la transmission de données. Les études de prix de revient actuellement en cours indiquent sans doute qu'un tel système n'est économique que s'il assure simultanément un grand nombre de services. De plus, il ne serait pas aussi intéressant dans les régions à faible population que dans les régions métropolitaines.

(2) La distribution individuelle commutée par câble coaxial est la deuxième possibilité. On utiliserait un câble coaxial miniature au lieu du câble bifilaire dans le réseau de distribution. À la différence du câble bifilaire, le câble coaxial n'est pas facile à épisser ni à dérouter après la mise en place. Selon le degré réalisable de décentralisation de la communication, ce système pourrait avoir des applications si on veut distribuer simultanément tous les genres d'information (visiohone, téléphone, télévision, radio FM, etc.)

Chacun des deux systèmes exigera un matériel électronique fiable et à bon marché. Bien qu'on apportera des améliorations dans les domaines de l'encombrement et du prix de revient pendant la période de 1970 à 1980, les principaux perfectionnements seront rendus possibles grâce aux circuits intégrés à grande échelle et aux filtres numériques au cours de la période de 1980 à 1985. »

Il s'est fait quelques expériences, notamment aux États-Unis, sur l'emploi du télécâble comme moyen de communication bidirectionnelle. Certes, ce dispositif ne s'adapte pas comme modèle aux liaisons arbitraires entre abonnés, mais il ne serait pas exagérément difficile de fournir aux abonnés une ligne de retour à une source centrale (qui pourrait être un ordinateur). On a eu recours à divers systèmes expérimentaux pour solliciter la réaction de l'abonné au contenu d'un programme et pour lui permettre une certaine participation. Guité⁸² a relaté quelques expériences de cette nature.

⁸² Jean-Michel Guité, *Le télécâble et la réaction du citoyen avec le gouvernement*, coll. « Études », vol. 3, Ottawa, Information Canada, 1971.

systèmes de distribution à courants porteurs utilisant des circuits intégrés et des filtres numériques pourraient se révéler économiques entre 1975 et 1980 tout en assurant une meilleure transmission. Entre 1975 et 1980, la mise en service d'un nouvel appareil téléphonique à signalisation et contrôle par tonalités, à faible courant de boucle, ou même à alimentation à distance, pourrait considérablement réduire le calibre des fils et, partant, le coût des installations de distribution.

(2) Des câbles bifilaires de faible capacité, semblables à ceux utilisés dans les installations de transmission à courte distance, pourraient aussi être mis en service pour permettre un débit d'information plus élevé. D'après le niveau actuellement accessible, on peut envisager des installations à 6,3 mégabits par seconde avec des répéteurs numériques espacés de 2,5 milles.

(3) Si on a besoin de débits d'information plus élevés, on peut aussi utiliser des types de câbles à paires hautement symétriques qui répondraient à ces besoins ou permettraient un plus grand espacement des répéteurs. Les sociétés exploitantes de télécommunications ont une longue expérience de ce genre de câbles.

Dans le passé, les frais de commutation étaient plus élevés que les frais de transmission. Aujourd'hui, les frais de la commutation locale sont comparables à ceux de la distribution. À mesure que les appareils de commutation deviendront plus petits et moins coûteux durant la période de 1980 à 1985, il devrait être possible de décentraliser les matrices de commutation. Cela pourrait favoriser la distribution par câbles bifilaires, car les circuits d'abonnés seraient ainsi beaucoup plus courts et on ferait un meilleur usage des voies d'acheminement entre matrices de commutation. La diminution de la longueur du câble supprimerait les répéteurs individuels des circuits d'abonnés pour les installations à large bande et éviterait les problèmes des courants longitudinaux présents dans les câbles coaxiaux.

« b) Systèmes à câbles coaxiaux »

Il existe deux possibilités pour les systèmes de distribution par câbles coaxiaux : la boucle coaxiale et le système coaxial commuté à câbles individuels.

(1) On pourrait réaliser le système de distribution à boucle coaxiale soit en multiplexage par partage des fréquences, soit en multiplexage par partage du temps. Un gros tube coaxial à large bande sillonnerait une agglomération en reliant environ 200 abonnés

Royaume-Uni⁸⁰ ont fait progresser notablement les connaissances en ce domaine. Le sous-ensemble de commutation compris dans le projet de réseau de télétransmission de données du Royaume-Uni repose sur les recherches de Davies.

Il est peu probable qu'un système de commutation de messages puisse être aussi économique qu'un système de commutation rapide de lignes. Toutefois, étant donné sa capacité supplémentaire, il pourrait être utile comme complètement, même si le commutateur rapide était réalisé. Et, à brève échéance, il pourra offrir un service qui n'existerait pas autrement. Le Réseau téléphonique transcanadien a entrepris des recherches sur la possibilité de mettre sur pied au Canada un système public de commutation des messages par ordinateur. Les compagnies de téléphone et de télégraphe offrent généralement ce service, au Canada, à des fins privées.

3. Circuits locaux

Comme nous l'avons mentionné au début de la section sur les télécommunications, les circuits locaux absorbent quelque 37 p. 100 des immobilisations des sociétés exploitantes. On ne peut guère escamoter de réductions sensibles des coûts dans ce domaine pour la décennie à venir, mais il est probable que la demande tendra à faire accroître le potentiel des circuits locaux pour acheminer l'information. Au Canada on a fait des études préliminaires sur les systèmes commandés à large bande, mais la période couverte par la présente étude ne laisse pas entrevoir de réseau « toutes télécommunications » de cette nature. Les considérations ci-après sur les circuits de câbles jumelés et de câbles coaxiaux sont tirées de l'étude de la Télécommunication ⁴⁹81 :

« a) *Distribution par câble bifilaire*

Dans la technologie des câbles bifilaires, trois catégories fondamentales offrent des solutions. (1) Les câbles ordinaires à paires torsadées tels qu'on les trouve aujourd'hui dans les circuits de distribution sont économiques et permettraient un débit beaucoup plus élevé que celui qu'on utilise actuellement. Chaque paire permettrait une transmission unidirectionnelle à environ 1,5 mégabit par seconde avec des répéteurs espacés de 1,15 mille. Des

⁸⁰D. W. Davies, *The Principles of Data Communication Network for Computer and Remote Peripherals*, Procs-verbaux du Congrès de l'I. F. I. P., vol. II, *Hardware Applications Edinburgh*, 5 au 10 août 1968, Amsterdam, Pays-Bas, North-Holland, 1969, pp. 709-715.
⁸¹Ministère des Communications, ouvrage cité, pp. 44 et 45.

c) *Communtation des messages*

La communtation de messages n'est pas nouvelle. Elle est en usage dans les forces armées et les compagnies de télégraphie depuis des années. L'avènement des ordinateurs et des systèmes de communtation ont considérablement accru les possibilités de vitesse et d'adaptabilité de ces systèmes.

La technique en question comporte un avantage insigne : elle permet de transmettre les messages à peu près instantanément sans que l'expéditeur ait à se préoccuper de la disponibilité de tous les segments de ligne servant à acheminer le message au destinataire. De plus, en mettant les messages en file d'attente à chaque nœud, on peut réaliser un haut coefficient d'utilisation des lignes, qui variera selon la nature du trafic et la longueur des files d'attente et entraînera du retard. Voici d'autres avantages des systèmes de communtation :

- Ils permettent d'acheminer assez facilement à plus d'un destinataire le même message;
- On peut appliquer un régime de priorités et accorder des tarifs réduits à ceux qui consentent à ce que la transmission de leurs données retarde au besoin;
- Un ordinateur communtant les messages peut servir à centraliser des fonctions assurées autrement à chacun des terminaux, soit les suivantes :
 - /) grouper l'information reçue sur place pour la transmettre plus efficacement;
- Au Canada et ailleurs un certain nombre de réseaux de communtation de messages par ordinateurs sont en usage. Certains comportent le recours à des chaînes privées d'ordinateurs; d'autres louent une partie des installations appartenant aux sociétés exploitantes.
- Des travaux récents effectués sous les auspices de l'Advanced Research Project Agency aux États-Unis⁷⁹ ou exécutés par D. W. Davies des National Physical Laboratories au

⁷⁹ H. Frank, I. T. Frisch et W. Chou, *Topological Considerations in the Design of the ARPANet Computer Network*. Procès-verbaux et la Conférence de l'A. F. I. P. S., vol. XXXVI, 1970, Spring Joint Computer Conference, Montvale, N. J., A. F. I. P. S., 5 au 7 mai, Atlantic City, pp. 581 et 587.

d'arrivée) à un rythme maximum d'une interruption par cycle (une microseconde en général). Ainsi, le débit maximum de données réalisé par le commutateur serait de deux mégabits par seconde. Dans la pratique, on maintient un peu plus bas ce débit afin que les retards de transfert demeurent à un rythme raisonnable et que l'ordinateur puisse exécuter les diverses opérations de servitude. On considère comme un plafond raisonnable 800 000 bits par seconde. On peut raccorder au commutateur quelque 16 384 lignes.

Cette conception du commutateur comporte des côtés intéressants.

Tout d'abord, on a peu près éliminé du commutateur les relais (sauf pour les concentrateurs de données lointains), ce qui réduit l'entretien. On a rendu le système plus fiable en y incorporant des éléments de redondance et de vérification.

En deuxième lieu, les liaisons s'établissent presque instantanément (en quelques microsecondes); de plus, le débit en données peut être adapté, en régime synchrone ou asynchrone, jusqu'à concurrence de 9 600 bits par seconde et avec minimum d'environ deux b/s. Ajoutons que la capacité du commutateur exploitée est proportionnelle au débit des données.

En troisième lieu, le commutateur étant commandé par ordinateur, il est plus facile d'offrir certains dispositifs spéciaux. Par exemple, on peut assurer une « disponibilité » constante entre deux installations en maintenant l'« indicateur » au point « en service ». On peut aussi créer des réseaux privés en programmant les branchements voulus sur l'ordinateur.

Il faut noter toutefois des inconvénients :

- Le type de commutation choisi peut créer beaucoup d'instabilité à de forts débits de données. Notons ici que le commutateur a été conçu pour des données dont 93 p. 100 étaient acheminées à 200 bits par seconde ou moins. Les fabricants ont ménagé un dispositif qui permet d'écarter les débits de commutation classique trop rapides.
 - Le système semble bien adapté au milieu allemand, relativement peu étendu et d'une grande densité démographique. Au Canada, d'autre part, il semble important, relativement peu étendu et d'une grande densité démographique. Au Canada, d'autre part, il semble important, relativement peu étendu et d'une grande densité démographique.
- du moins à longue échéance, d'opter pour un système adaptable à une multitude de besoins en télécommunication de sorte que tous les services profitent des économies d'échelle tenant à un coefficient d'utilisation élevé. Le C. E. D. n'a pas été conçu pour la commutation des signaux sonores et visuels, ni ne s'y adapte commodément. Bien sûr, on peut faire valoir avec exagération les économies d'échelle et il est possible que ce système comble à brève échéance une lacune dans les services de télétransmission de données.

pour eux d'utiliser le réseau commuté à des prix avantageux. De plus, la commutation rapide pouvant être assimilée à un élément complémentaire du présent réseau commuté, l'installation est possible sans chambardement du réseau.

Il n'est pas facile d'estimer les incidences de la nouvelle technique sur les coûts de la commutation. On constate toutefois que les laboratoires de la Bell Telephone aux États-Unis et la Bell Northern Research au Canada ont consacré beaucoup de recherche à des dispositifs de commutation électronique à semi-conducteurs. Aux États-Unis, la Data Transmission Company (Datran) a annoncé récemment qu'elle utiliserait des commutateurs électroniques capables de temps de raccordement de cent microsecondes dans le cadre du réseau projeté. Tout compte fait, cependant, on ne peut guère prévoir de réductions importantes dans les coûts de la commutation. Cette opinion repose sur deux faits : le réseau téléphonique est lent à adopter le matériel électronique de commutation, et il est peu probable qu'on produise en quantités massives d'ici une dizaine d'années des commutateurs de données ultra-rapides comme éléments complémentaires du système actuel.

Toutefois, même s'ils ne sont pas meilleur marché, les commutateurs pourront modifier l'utilisation des lignes interurbaines et, par là, contribuer indirectement à l'amoindrissement des coûts.

b) *Commutation électronique des données*

La société Siemens, en Allemagne, a créé un système de commutation dirigé par ordinateur pour les données numériques. Ce système dit de commutation électronique des données (C. E. D.), devait être mis en œuvre à compter de 1973 dans le vaste réseau télex d'Allemagne. Il a été commandé en outre par la Western Union aux États-Unis.

Le commutateur proprement dit offre une application intéressante de la technologie informatique. Chaque ligne qui est introduite est reliée directement à un mot de la mémoire. Pour établir la liaison, il suffit d'écrire l'adresse de la mémoire se rattachant à la ligne de « destination » dans le mot mémoire de la ligne d'expédition, puis de positionner un bit indicateur. L'adresse réciproque est écrite aussi dans le mot mémoire de destination afin que soit possible l'acheminement bidirectionnel des données. Si la ligne de données qui est introduite présente un changement de polarité, un indicateur d'interruption commande à l'ordinateur de transférer le changement de polarité à la ligne sortante. Sauf s'il se produit un changement de polarité, aucune intervention de l'ordinateur n'est nécessaire. L'ordinateur assure les interruptions en séquence (et non par ordre

Il est à noter que la plupart des nouveaux moyens de télétransmission comportent la modulation par impulsions codées pour les données à fréquence vocale. Cette technique, bien adaptée à la télétransmission de données, devrait permettre une meilleure utilisation du matériel de liaisons interurbaines, et réduire ainsi les dépenses de raccordement pour l'acheminement des données. Dans le cas des liaisons avec les États-Unis, on pourrait prévoir une diminution des coûts des 8/9 d'ici 1980.

2. Commutation

Les innovations les plus prometteuses en matière de commutation pour la télétransmission de données sont de deux ordres : commutation de ligne à haute vitesse et commutation de messages. Ces deux formules sont rivales jusqu'à un certain point, car chacune peut réduire la demande dont l'autre pourrait bénéficier, mais elles ne sont pas totalement interchangeables. Signalons que le ministère britannique des Postes projette d'assurer les deux services à titre expérimental et dans un cadre restreint en 1975 et 1976⁷⁷.

a) Centres de commutation rapide

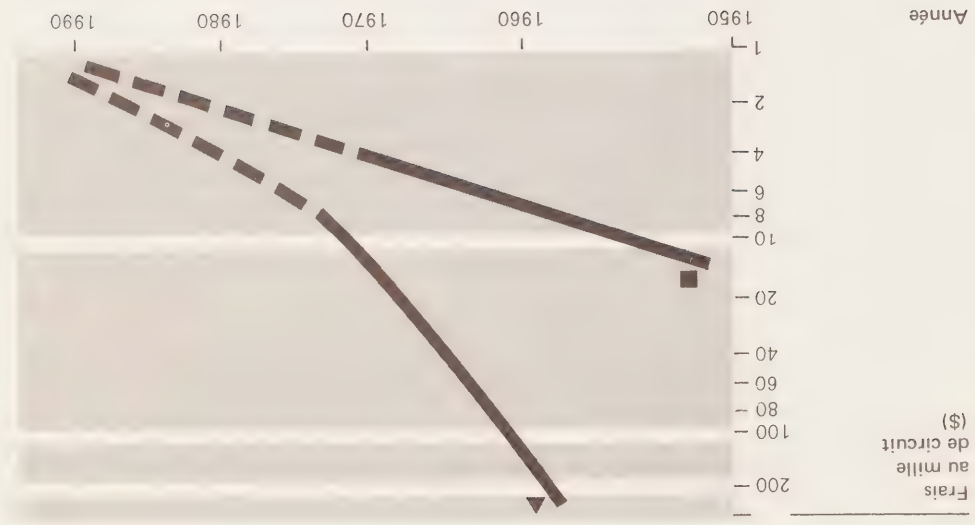
Au Royaume-Uni, notamment, des travaux⁷⁸ actuellement en cours tendent à réaliser des mises en communication entre usagers n'exigeant que cent millisecondes. Un système de commutation expérimental doit entrer en exploitation en 1976. D'après des simulations effectuées par M. C. Andrews et ses collaborateurs au laboratoire de l'IBM à Zurich, un centre de commutation rapide en usage généralisé permettrait d'exécuter une forte proportion de la télétransmission commerciale de données à meilleur compte que par la commutation de messages. Le ministère britannique des Postes projette d'employer ces centres comme compléments du réseau à fréquence vocale. Le circuit local serait le même que pour le réseau téléphonique, sauf qu'il serait relié au commutateur rapide par le central. Les liaisons interurbaines partant du central comporteraient à la fois données numériques et téléphonie par impulsions.

Grâce à cette formule, de nouveaux domaines d'application de la transmission numérique deviendront rentables et il y aura baisse dans les coûts des systèmes à fins commerciales délimitées (réservation dans les compagnies aériennes, par exemple) et nouvelles possibilités

⁷⁷ G. D. Allier et K. J. Chapman, « Features of a Synchronous Data Network for the United Kingdom », *IEE International Conference on Communications*, Montréal, 1971, pp. 31-10 à 31-13. Renseignements recueillis aussi par entretiens privés.

⁷⁸ *Ibid.*

Figure 15
Installations du service des lignes
à grande distance moins l'équipement terminal

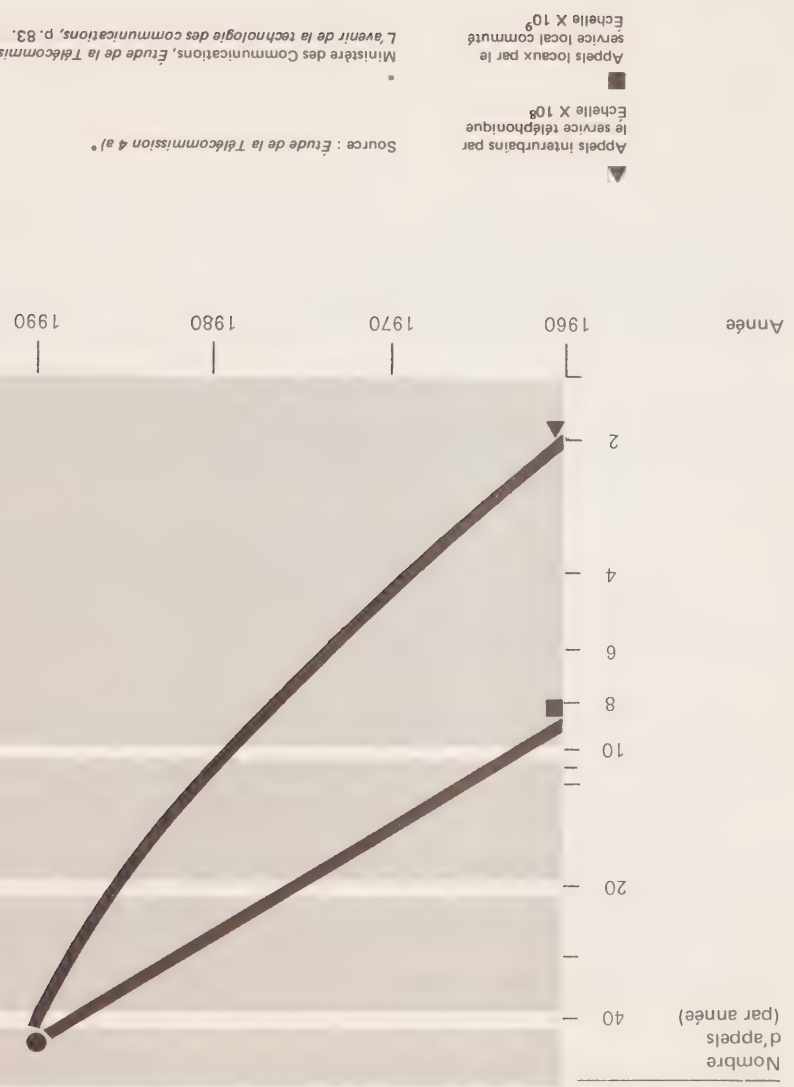


▲ Frais moyens découlant de la longueur des circuits au Canada
■ Limite théorique inférieure
● Limite théorique supérieure

Source : *Étude de la Télécommunication 4 a)*

Ministère des Communications, *Étude de la Télécommunication 4 a)* : L'avenir de la technologie des communications, p. 83.

Figure 14
Croissance prévue des réseaux commutés
(tous les services) pour les communications
locales et interurbaines



g) *Le conducteur de lumière*

Ce conducteur offre aux ingénieurs en télécommunications beaucoup de choix. Il se prête au multiplexage espace, fréquences et temps. Cette souplesse tient à des sources laser de courtes impulsions (picosecondes), avec une faible largeur de bande comportant nombre de faisceaux (600) dans un conducteur, à résolution appropriée et possibilités de couleurs diverses. On envisage des capacités de plus de 2 000 000 de voies, avec répéteurs à intervalles de cinquante milles. Le conducteur ne doit pas se déplacer de façon à intercepter le faisceau, on doit le maintenir fixe au milieu des mouvements du sol ou infléchir le faisceau. Toutefois, malgré des promesses brillantes, ces systèmes ne peuvent guère être exploitables au cours de la présente décennie, étant donné les incertitudes qu'ils présentent quant aux possibilités de réalisation, à la fiabilité, au prix de revient et aux dimensions. Des systèmes peu chers offriraient de l'intérêt dans les années 80, si on a besoin de très grandes capacités.

Bref, des réductions des coûts pour la télétransmission numérique supposent une demande considérablement accrue. La figure 14⁷⁵ montre (courbe inférieure) les prévisions d'accroissement des communications interurbaines (à fréquence vocale). Voici à ce sujet un passage extrait de l'étude n° 4a) de la Télécommission⁷⁶ :

« Au Canada, ainsi que le montre la courbe supérieure de la Figure 8, le coût par mille de voie des installations à grande distance a régulièrement diminué. La courbe inférieure représente la limite minimale théorique fondée sur l'utilisation du système à plein rendement dès sa mise en service.

« La diminution du coût de ces systèmes est le résultat de l'augmentation continue de la capacité unitaire des systèmes. L'économie véritable est une économie d'utilisation à grande échelle, la courbe supérieure tend vers la limite inférieure à mesure que la capacité par voie d'acheminement augmente au Canada. Les courbes indiquées ne représentent que des moyennes approximatives car les chiffres réels varient considérablement d'une année à l'autre, surtout lors de la mise en service de nouvelles voies d'acheminement. »

⁷⁵ Ministère des Communications, Etude de la Télécommission 4a), pp. 33 et 34.

⁷⁶ *Ibid.*

par seconde⁷³. Ces systèmes pourraient en être à l'étape du prototype au début de la décennie 1980-1990.

Li et Marcatili⁷⁴ ont énuméré les avantages de la transmission par fibre optique :

- *Faible encombrement* ; ce qui compte tout spécialement pour les liaisons entre bureaux dans les grandes agglomérations urbaines où les canalisations sont chères et congestionnées ;
- *Grande capacité* ; une fibre peut être porteuse d'une voie téléphonique ou d'un canal hautement multiplexé, selon l'élément électronique du terminal ;
- *Aptitude au développement* ; les câbles de faisceau de fibre offrent un moyen économique de multiplexage spatial ; le système à fibre optique se prête donc facilement à l'expansion, suivant la demande ;

- *Economie* ; le verre est abondant et bon marché ; toutefois, on n'a pas encore produit en grande quantité de la fibre peu chère et de bonne qualité optique ;
- *Petit rayon inflexible* ; caractéristique particulièrement appréciable dans le câblage intérieur ;
- Souvent on peut se dispenser de la correction du support et la dispersion par le matériau sur quelques centaines de mégahertz de fréquence est négligeable ;

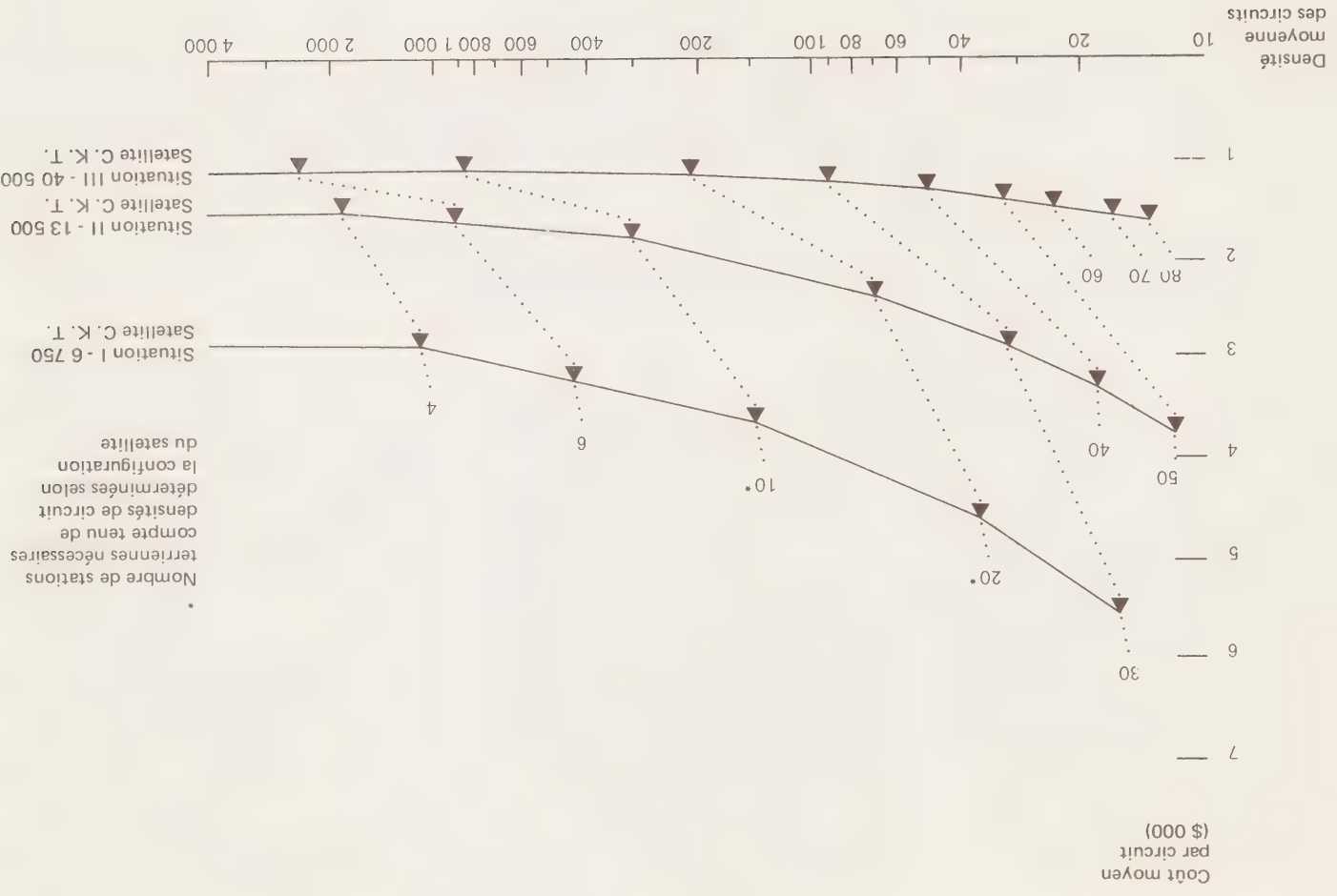
Par contre, la transmission optique pose aussi quelques difficultés :

- Le courant électrique ne peut être acheminé par la fibre ;
 - L'installation, la manutention et la réparation des fibres exigeront de l'ingéniosité.
- Ce nouveau matériau se prête à des utilisations si variées qu'on en a proposé l'emploi pour les communications téléphoniques unidirectionnelles entre bureaux ou pour les communications par visiohone (par l'utilisation de la lumière incohérente et la modulation d'intensité analogique).

⁷³ Tingye et Marcatili L.J., A.J. Enrique, « Research on Optical-Fiber Transmission », *Bell Laboratories Record*, vol. XLIX, n° 11, décembre 1971, pp. 330-337.

⁷⁴ *Ibid.*

Figure 13
Tendances des coûts des systèmes spatiaux



est un facteur du prix de revient. L'ouvrage indiqué dans la note 72 renferme un exposé du coût d'intéressat IV pour 1973. Les résultats de cette étude sont illustrés par la figure 13.

Les coûts sont donc étroitement liés aux densités moyennes du service; en effet, il faut plus de stations au sol, proportionnellement, en zone clairsemée.

Lorsque des stations au sol moins chères seront possibles grâce à des satellites plus puissants, ces moyens de télétransmission pourront contribuer à améliorer notablement les télécommunications dans les régions éloignées. Mais il faudra probablement attendre pour cela jusqu'aux dernières années de la décennie.

e) Guides d'ondes

Des guides d'ondes au millimètre sont techniquement réalisables aujourd'hui; on peut même prévoir des installations entre 1975 et 1980 aux États-Unis, au Royaume-Uni et au Japon. Le système typique comportera la modulation de phase numérique à 300 mégabits par seconde, une séparation d'un GHz entre canaux et des intervalles de quinze à vingt-cinq milles entre répéteurs. Le guide proprement dit, soit un tube de cuivre de deux pouces, est à enduit diélectrique ou à enroulement hélicoïdal; en perfectionnant les enduits diélectriques, on devrait réduire de beaucoup les pertes. Des capacités de 250 000 canaux téléphoniques sont projetées; de plus, des techniques de modulation améliorées, des écarts moindres entre canaux et une réduction des pertes permettront sans doute de faire mieux encore sous l'angle de la quantité. Il faut fabriquer et installer le guide avec de grandes précautions pour réduire la réflexion et la conversion de mode.

f) Fibre optique

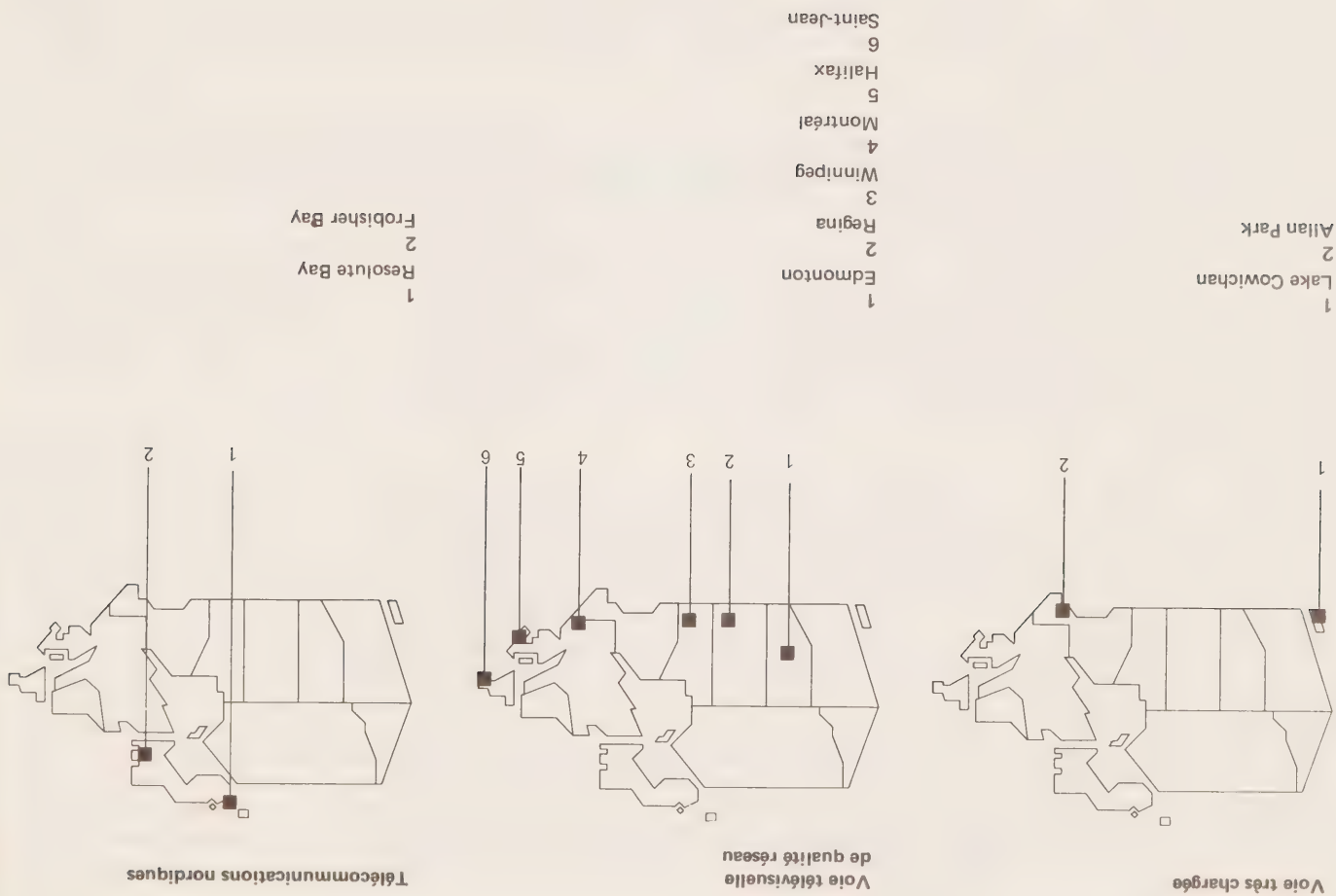
La technologie de la fibre optique a marqué récemment des progrès qui créent de nouvelles possibilités de transmission. La société Corning Glass Works, aux États-Unis, fabrique depuis quelque temps des fibres pour lesquelles la perte n'est que de dix-huit db/km. On estime que d'ici 1980, ces pertes pourront être réduites à dix db/km. Il reste sans doute bien des difficultés à aplanir, mais il y a quand même lieu de prévoir la réalisation de circuits interurbains acheminant des signaux numériques multiples en succession de quelques centaines de mégabits par seconde par fibre, avec répéteurs espacés d'un à deux milles. Ainsi, un faisceau de quelques centaines de fibres aurait une capacité de plusieurs dizaines de gigabits

Figure 12 (suite)

Télé à partir de points éloignés



Figure 12
Emplacement des stations terrestres
dans le premier système national au Canada



1
Lake Cowichan
2
Allan Park

1
Edmonton
2
Regina
3
Winnipeg
4
Montréal
5
Halifax
6
Saint-Jean

1
Resolute Bay
2
Frobisher Bay

Le satellite canadien de télécommunication, mis sur orbite en 1973, comporte douze canaux HF offrant chacun une bande utile de trente-six MHz. La location d'un canal coûtera trois millions de dollars et plus par an.

Il y a actuellement sur orbite quatre satellites Intelsat IV, à capacité individuelle de 6 000 circuits téléphoniques bidirectionnels.

L'un des problèmes que posent les satellites géostationnaires est l'écart d'environ 290 milli-secondes par bond occasionné par la distance aller-retour entre la Terre et le satellite⁷¹. On recommande de ne pas dépasser 400 millisecondes d'écart pour une conversation téléphonique, ce qui limite alors la transmission à un seul bond, sauf recours à la communication directe entre satellites. Dans la plupart des cas, la télétransmission de données ne sera pas touchée par ces écarts, mais il faudra peut-être modifier les méthodes de contrôle. Si on conserve à la station émettrice un double de l'original jusqu'à la confirmation d'une réception exacte, on aura besoin de tampons un peu plus considérables du fait d'un écart plus long.

Le prix de revient des stations terrestres est fonction de l'émetteur du satellite. Dans le rapport Rostow⁷², on estime que le coût d'une station bidirectionnelle d'Intelsat sera réduit au dixième au cours de la décennie 1970-1980, c'est-à-dire ramené à moins de \$ 500 000, diminution attribuable à une puissance accrue fournie par le satellite. Les deux principales stations terrestres de Télésat Canada reviennent à quelque six millions de dollars chacune, y compris l'appareillage électronique et les bâtiments.

Dans les télécommunications par satellite, le coût de la transmission est sans rapport avec l'étendue de la zone de rayonnement, qui représente le tiers de la surface du globe; toutefois, la présence d'une station au sol facilement accessible par les moyens de transmission terrestre

⁷¹ Wirz, membre du groupe de rédaction de CCITT GAS/3, édition révisée, n° 4, ch. B.VI, Communications-Satellite Systems, Special Autonomous Working Party No. 3, contribution n° 16 (1968-1972, GAS/3 - n° 16-E, Novembre 1970.

⁷² Eugene V. Rostow, *A Survey of Telecommunications Technology*, 1^{re} partie.

grandes largeurs de bande et de nouvelles techniques de codage peuvent assurer une capacité de 30 000 circuits téléphoniques. En outre, les techniques de signalisation numérique permettront des acheminements plus denses et, par conséquent, une capacité accrue. Il a été établi que ce type de service était réalisable et qu'il pouvait résoudre les problèmes d'affaiblissement par la pluie; il se révélera sans doute économiquement avantageux par comparaison avec le câble, les guides d'ondes et les systèmes de satellite d'ici cinq à quinze ans.

Les liaisons numériques par micro-ondes sont en état d'exploitation dans plusieurs pays. La Data Transmission Company projette un réseau complet de télétransmission de données numériques par micro-ondes aux États-Unis. Il doit desservir trente-cinq grandes agglomérations urbaines, avec utilisation de 259 répéteurs. Sa capacité sera au début de 4 000 circuits bidirectionnels de 4 800 bits par seconde. Les charges envisagées seraient du tiers de celles en cours pour le réseau téléphonique, mais les comparaisons immédiates sont difficiles.⁶⁹ On prévoit que le réseau comptera 48 000 abonnés dès 1975⁷⁰.

d) *Relais par satellite*

Les satellites de télécommunication actuels sont sur orbite géostationnaire et comportent des antennes à illumination terrestre. On peut prévoir de nouveaux progrès dans l'aptitude à mettre sur orbite de puissants satellites à faisceaux dirigés, à antennes fixes ou orientables, et à les maintenir dans des positions déterminées avec exactitude.

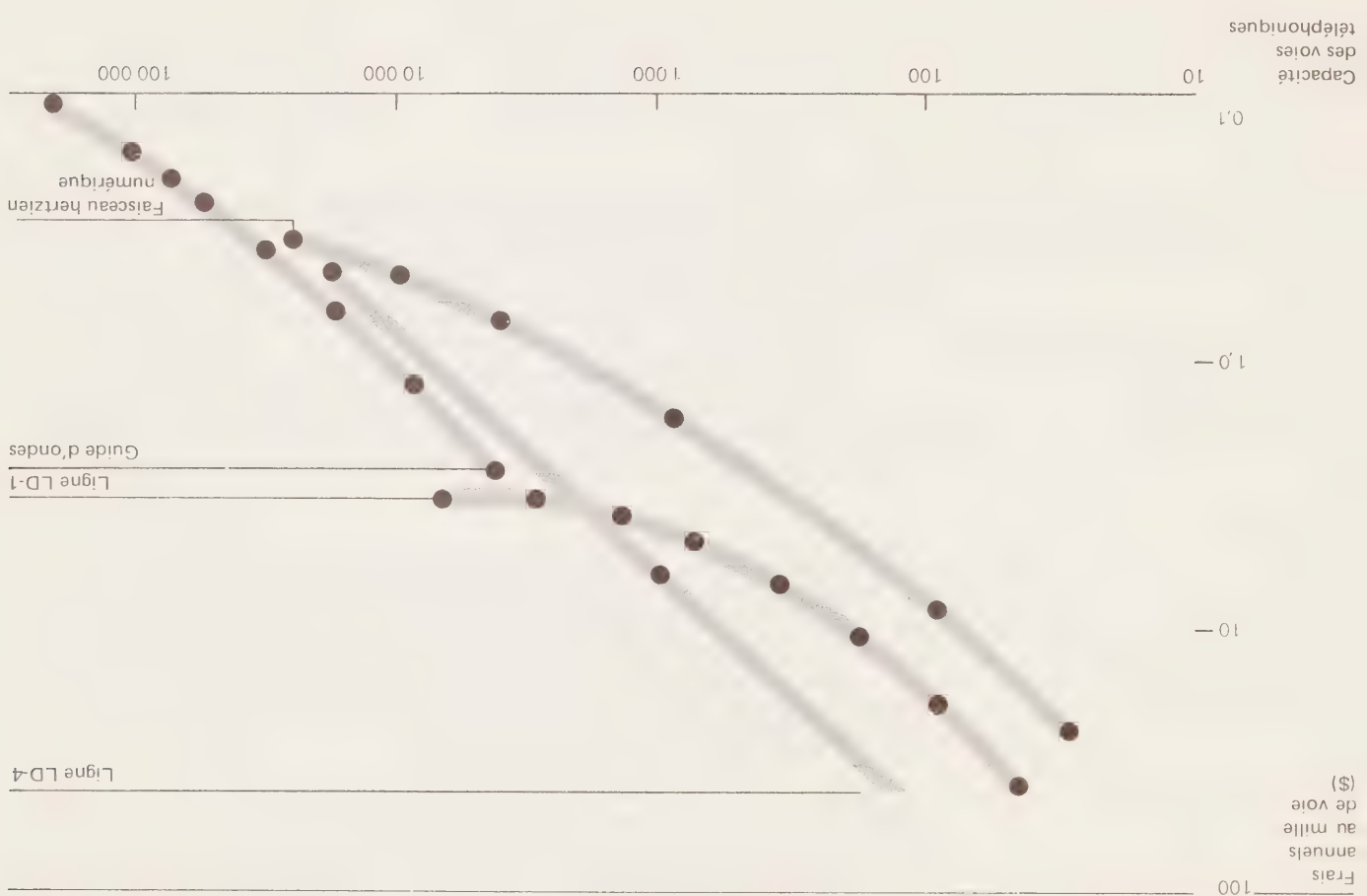
Les satellites de télécommunication servent couramment à acheminer des signaux de téléphonie et de télévision entre les continents; le Canada se prépare aussi à en faire usage pour assurer les télécommunications dans ses frontières. Au cours de la période 1971-1989, les relais par satellites pourraient être à l'origine de services particuliers s'ajoutant à ceux du téléphone et de la télévision qui devraient être exploitables dans un avenir prochain. Ces services sont:

- La communication directe, avec élimination du recours aux points nodaux terrestres;
- Assignment, sur demande, des voies entre terminaux au sol pour tenir compte des changements dans les besoins en canaux et la destination du trafic;
- Télétransmission de données à partir d'une grande variété de détecteurs disposés dans une région très étendue à des fins géologiques, météorologiques et autres.

⁶⁹ C. R. Fischer, *Introduction to the Datran Switched Digital Data Network*, IEEE International Conference on Communications, Montréal, 14, 15 et 16 juin 1971, Conference Record, IEEE n° 71C28-Com au catalogue, pp. 23-1 à 23-3.

⁷⁰ Paul Hersch, « Data Communications », *IEEE Spectrum*, vol. VIII, n° 2, février 1971, pp. 47-60.

Figure 11
Frais annuels — mille de voie par rapport
à la capacité des lignes LD-1, LD-4,
des systèmes à faisceau hertzien numérique
et à guide d'ondes



Source : R. T. T.*
* Les Télécommunications et les ordinateurs
au service du Canada, Ottawa, novembre
1971, révisé, décembre 1971.

en cas de panne. Le câble a été conçu pour des lignes d'une longueur pouvant atteindre 4 000 milles, mais il sera exploité au début dans la région comprise entre Québec et Windsor, Ontario. On y trouve déjà des densités de trafic allant jusqu'à 12 000 circuits à fréquence vocale. On prévoit que certains secteurs de la région auront besoin de plus de 100 000 circuits vers 1985. Les principaux avantages du câble sur la micro-onde sont les suivants :

tout d'abord, sa mise en valeur est plus avancée pour la transmission numérique de grand débit; ensuite, la transmission proprement dite est canalisée et non diffusée vers une région assez étendue. Dans les régions à peuplement dense, où la bande des micro-ondes est presque totalement exploitée, le second avantage peut être déterminant. Même si la télétransmission de données numériques par micro-ondes doit être plus économique une fois au point, comme il ressort de la figure 11, il est probable que les câbles coaxiaux conserveront leur place parmi les moyens de télétransmission.

c) Micro-ondes

Les micro-ondes occupent une place prépondérante dans les réseaux de télécommunication de grand débit au Canada, ainsi que dans ceux de moindre trafic. Le matériel fonctionnant généralement dans les fréquences de quatre à six GHz. Actuellement au Canada quatre réseaux sur GHz ont une bande de vingt MHz. Durant une bonne partie de la décennie en cours, la télétransmission de données numériques empruntera encore dans une large mesure les réseaux de micro-ondes analogiques, car

« Il n'est pas pratique de convertir ces systèmes au fonctionnement numérique sans subir une certaine perte d'efficacité. La conversion initiale, étant mise en œuvre en 1971, développera 56 000 bits à la seconde (près de l'équivalent d'une seule voie numérique à la place d'un groupe analogique de 12 voies. A mesure que les besoins de trafic de données grandiront, un flot T1 (1,544 mégabit à la seconde, soit l'équivalent de 24 voies) sera inséré dans le 500 KHz le plus bas du canal radio (déplaçant 120 voies) ou dans l'attestation MGT2, déplaçant 180 voies. Pour des sections transversales encore plus grandes, l'équivalent de 12 systèmes T1 (288 voies numériques) déplacera les 600 voies analogiques du canal radio total⁶⁸. »

Les micro-ondes pour ce type de service serviront encore après 1980 s'il y a attribution, à cette fin, de nouvelles bandes de fréquences dans la zone de dix à trente GHz, où de

⁶⁸ Les télécommunications, et les ordinateurs au service du Canada, p. 28.

Sommaire de la technologie des transmissions				
Technique	Largeur de bande	Coût approximatif voie téléphonique mille	Disponibilité	Commentaires
Câble couplé	plusieurs MHz	figure 12	maintenant	Diminution de 26 db par mille à 1 MHz 22 fils de gauge Transporteur T-1 employé à 1,5 MHz
Câble coaxial	plusieurs centaines de MHz	figures 12 et 13	maintenant	Employé pour le système CATV Premier câble à grande distance en usage au Canada en 1975.
Onde courte	Présentement restreinte à 30 MHz	figures 12 et 13	maintenant	Structure actuelle des lignes à grande distance au Canada sur la gamme de fréquence de 4-6 GHz. Extension probable à 10-30 GHz de la gamme de fréquence tel que demandé.
Satellite	plusieurs GHz	figure 15	maintenant	Le Télésat canadien en opération en 1973
Guide d'ondes	environ 65 GHz	figures 12 et 13	1973-1980	Systèmes de laboratoire en opération
Fibre de verre légère	environ 50 GHz	inconnu	1980?	Technologie se développe rapidement
Câble léger	environ 1 000 GHz	inconnu	1980?	

Le tableau 4 indique les principales techniques en usage ou à l'état de projet dans le domaine de la télétransmission.

Nous donnons ci-après un bref exposé des diverses techniques. Il repose pour une bonne part sur l'étude 4a de la Télécommission⁶⁶. Dans certains cas, nous en reproduisons même des paragraphes presque intégralement.

a) *Paires torsadées*

Les paires torsadées servent à la transmission de faible débit (moins de vingt-quatre voies téléphoniques). Au Canada, les réseaux de transmission numérique fonctionnent à 1,5 mégabit par seconde. Il n'existe pas de taux aussi élevés pour les circuits fermés. C'est, en premier lieu, que les organes de commutation ne sont pas conçus en vue de fréquences aussi hautes. La principale difficulté tient à ce que, dans la télétransmission de données à grand débit, l'atténuation du signal s'accroît assez rapidement en hautes fréquences, de sorte qu'il faut rapprocher les amplificateurs ou les répéteurs le long de la ligne.

b) *Câbles coaxiaux*

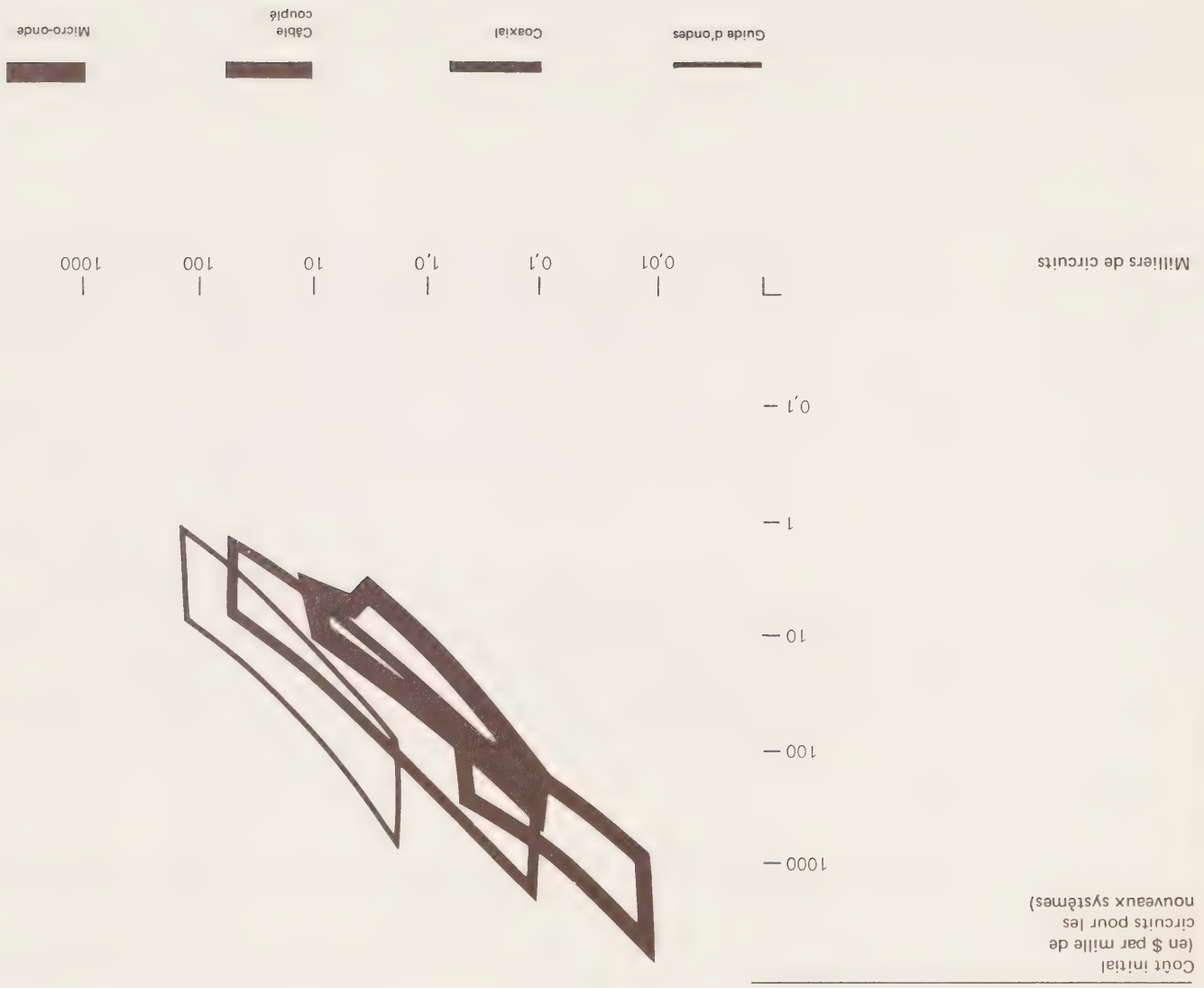
Au Canada, les câbles coaxiaux servent à la télévision par câble. Et dans un bon nombre de pays, la transmission par câbles coaxiaux sur de grandes distances et à fort débit est très répandue. Les laboratoires de la société Bell Canada ont créé récemment un câble (L5) d'un débit d'environ 90 000 voies téléphoniques.

De nouveau au Canada, la Bell Northern Research a mis en route un programme important de télétransmission de données numériques par câble coaxial⁶⁷. Ce câble, dont l'exploitation est prévue pour 1975, fonctionnera à 283 mégabits par seconde, ce qui représente un débit de 4 032 voies téléphoniques par tube. Chaque câble renferme douze tubes, ce qui donne environ 20 000 voies téléphoniques à deux sens, compte tenu du débit de réserve

⁶⁶ Le ministère des Communications, *Étude de la télécommission : L'avenir de la technologie des communications*, n° 4 a), Ottawa, Information Canada, 1971.

⁶⁷ Frank J. Doyle et Daniel Z. Goodwill, *An Exploration of the Future in Medical Technology*, Montréal, Bell Canada, mars 1971; *Communications Computers and Canada*, Réseau téléphonique transcanadien.

Figure 10
Tendances des coûts des transmissions terrestres



Ainsi, les installations locales absorberaient 80 p. 100 des immobilisations, dont 40 p. 100 destinés aux circuits fermés, c'est-à-dire aux deux fils torsadés reliant les postes des abonnés au centre local de commutation.

///) La télétransmission de données n'entre que pour une faible fraction dans les recettes provenant des télécommunications, soit pour quelque 6 p. 100. Si on établit le trafic à fréquence vocale à l'équivalent de 2 400 b/s, la télétransmission de données ne représenterait que 0,08 p. 100 du trafic des sociétés exploitantes, d'après le Réseau téléphonique trans-canadien⁶³. Ces deux chiffres font ressortir l'inefficacité des télécommunications à fréquence vocale pour la télétransmission de données, indépendamment des autres facteurs, notamment le loyer des terminaux (environ 30 p. 100 des revenus de la société Bell Canada se rattachant aux données), qui gonflent les recettes de la télétransmission de données relativement à celles des services téléphoniques.

////) Le matériel des sociétés exploitantes est conçu pour un amortissement de plus de vingt ans contre quelque quarante mois pour l'industrie de l'ordinateur.

1. Télétransmission

D'ici une dizaine d'années, la nouvelle technologie devrait se manifester surtout dans le domaine de la télétransmission. Aux États-Unis, d'après un appendice du rapport Rostow⁶⁴, tout prolongement du réseau téléphonique Bell coûterait \$1,50 le mille en 1979 contre \$1,50 en moyenne en 1969.

La télétransmission se signale tout d'abord par des possibilités d'économie d'échelle. Dans le rapport Rostow, on indique empiriquement que pour doubler les circuits sur parcours terrestre il faut accroître les immobilisations d'environ 60 p. 100. Les incidences de ces grands faisciaux de lignes sur les coûts ressortent également d'une étude canadienne plus récente sur la télétransmission de données numérisées⁶⁵. Elles sont d'ailleurs très bien illustrées par la figure 10.

⁶³ *Communications, Computers and Canada*, Réseau téléphonique transcanadien, Ottawa, novembre 1971 (révision décembre 1971).
⁶⁴ Eugene V. Rostow, *A Survey of Telecommunications Technology*, 1^{re} partie, President's Task Force on Communications Policy, Washington, D. C., Superintendent of Documents, juin 1969.
⁶⁵ John Morrell, *Les installations locales*, coll. « Etudes », vol. 6, Ottawa, Information Canada, août 1972.

Tableau 3
Transactions prévues aux États-Unis pour 1990

	Total (1990)	
1. Chèques et crédit	340×10^9	
2. Transfert de renseignements sur le crime	70×10^6	
3. Recherche des titres et fonds	20×10^6	
4. Transfert de fonds	5×10^9	
5. Renseignements légaux	30×10^6	
6. Réservation de billets d'avion	$4,2 \times 10^9$	
7. Diagnostic médical à distance	200×10^6	
8. Analyse des électrocardiogrammes	200×10^6	
9. Enregistrement de véhicule moteur	245×10^6	
10. Renouvellement des permis de conduire	90×10^6	
11. Indices de la Bourse	4×10^9	
12. Réservations pour hôtel et motel	100×10^6	
13. Location de voitures	40×10^6	
14. Émission de billets pour événements culturels et sportifs	200×10^6	
15. Télégraphe	35×10^6	
16. Renseignements sur objets volés	7×10^6	
17. Renseignements sur voitures volées	5×10^6	
	4×10^{14}	

Évaluation par Datran (1980)
Source : Hough et associés
Datran **

248×10^9

Hough, R. W. : Fratessa, Carolyn; Holly, Virginia; Samuel, A. H. and Wells, L. J., *A study of Trends in the Demand for Information Transfer*, Menlo Park, Californie, Institut de Recherche Stanford, février 1970.

Data Transmission Company, Edifice Datran 1920, avenue Aline Vienna, Virginie, E.-U.
« The Data Transmission Market of the 1970's ».

dans l'ensemble. Les chiffres de ces pronostics figurent au tableau 3. Le mouvement des chèques et le crédit y sont prédominants. Une bonne part des transactions énumérées au tableau 3 se seront répandues au Canada avant la fin de la décennie. On trouvera une étude plus détaillée des prévisions en la matière dans l'article faisant l'objet de la note 62.

On peut prévoir que l'évolution au Canada suivra celle qui a cours aux États-Unis, avec décalage de deux à trois ans. Beaucoup d'applications s'effectueront sans doute par les simples moyens locaux de télécommunications, mais une part non négligeable exigera l'intervurban, comme c'est le cas actuellement pour le Système de renseignements canadien de la police et les systèmes de réservations des transports aériens. Les moyens de télétransmission de données présentent beaucoup de choix pour les utilisateurs. Ainsi, les données peuvent être accumulées à la source pour être transmises ensuite, à moyenne ou à grande vitesse; elle peuvent aussi emprunter un système public ou privé de commutation de messages, une ligne privée, voire un système public de commutation à temps de raccorde-ment très court (moins d'une seconde). Bien sûr le choix dépendra des services offerts par les sociétés exploitantes et des tarifs consentis aux usagers.

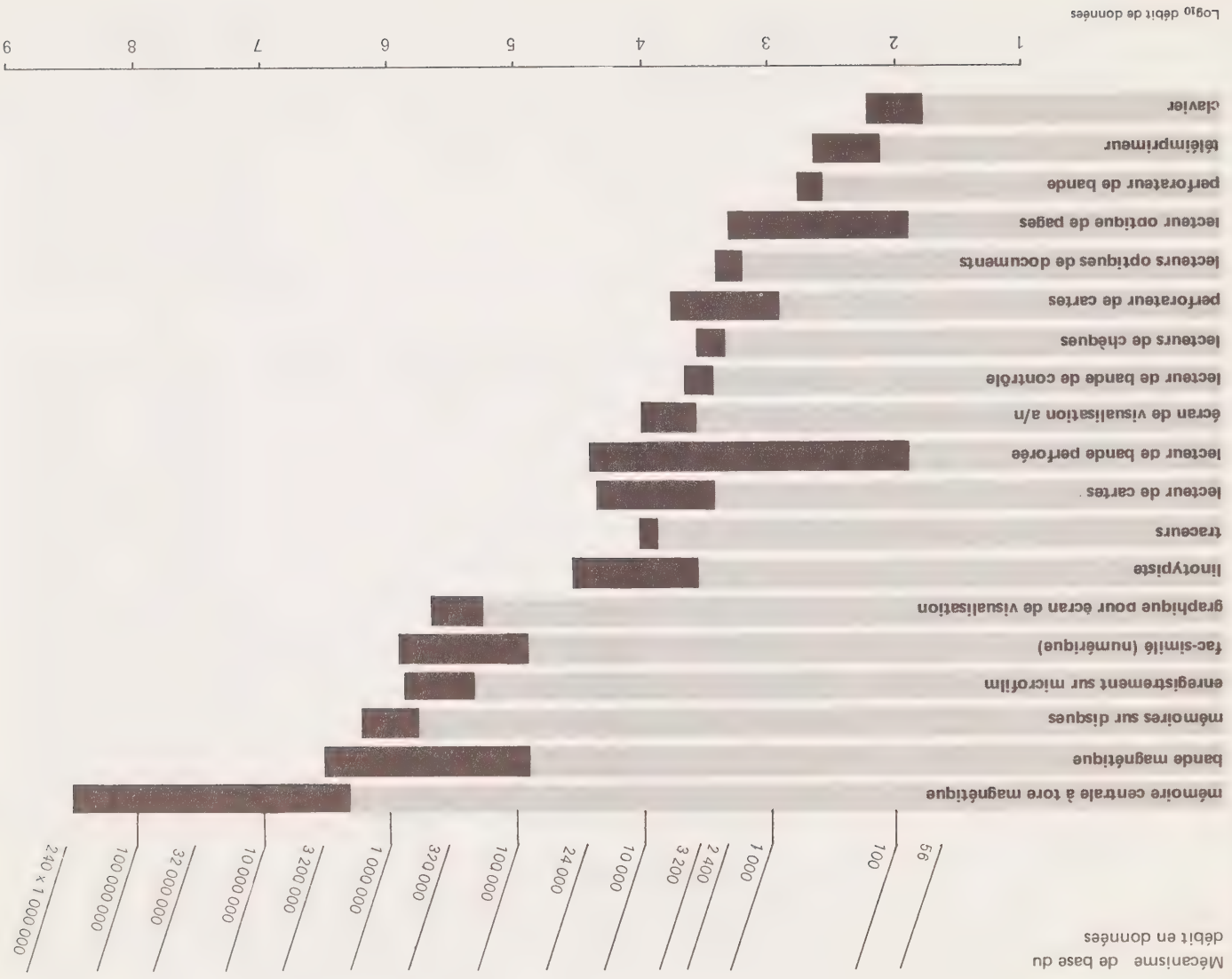
On peut estimer les repercussions de la technologie sur les coûts de télétransmission de données, mais il faut établir avec précision certains faits :

1) Les dépenses en capital pour les installations de télétransmission de données forment une proportion relativement faible de l'investissement total du réseau canadien de télécommunications publiques. Le Réseau téléphonique transcanadien, dans l'étude de la Télécom-mission n° 4a (Section 5.1b), montre comment se répartissent les investissements du réseau. Pour l'abonné, les chiffres sont les suivants :

- Le poste et ses raccordements 7,5 p. 100
- Installations de répartition du trafic 37 p. 100
- Matériel local de commutation 35 p. 100
- Commutateurs en tandem 5,5 p. 100
- Matériel de transmission à faible et à grande distance 15 p. 100

Les pourcentages ci-dessus s'appliquent aux appareils domestiques, mais ceux relatifs au com-merce en diffèrent peu.

Tableau 2
Débit en données d'un système informatique



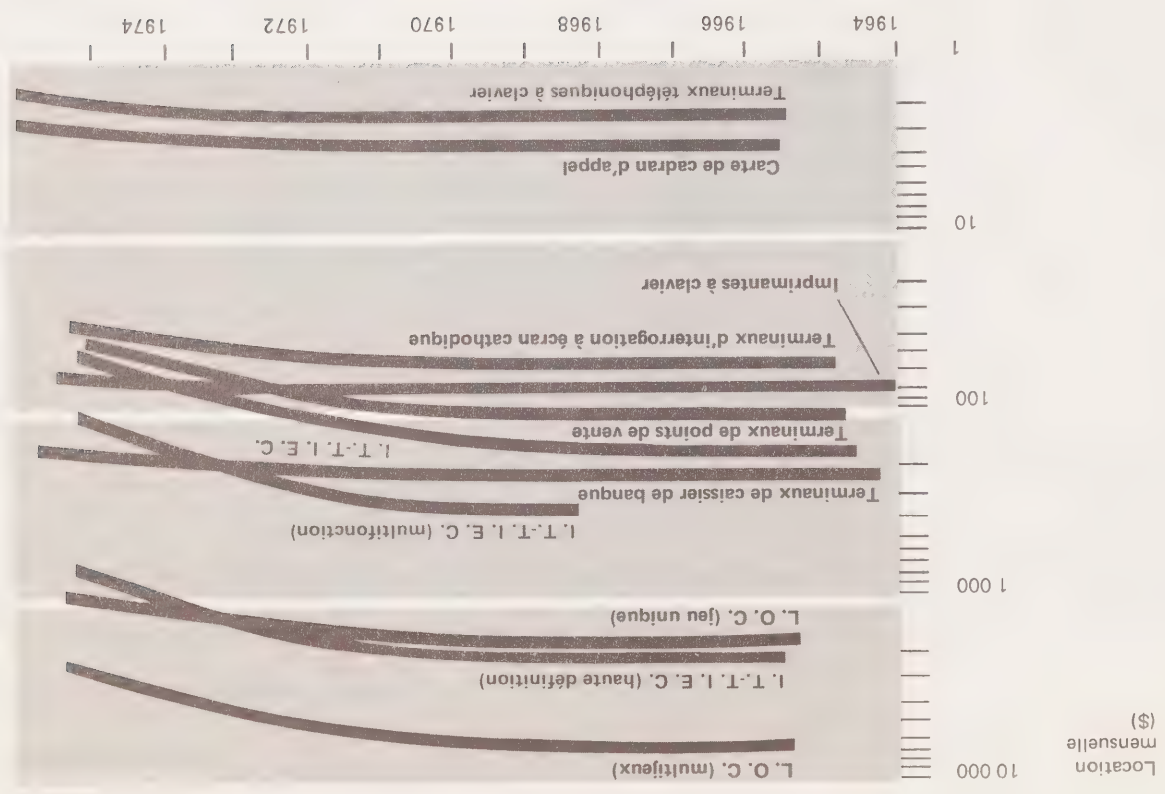
Il y a lieu de considérer ici les catégories de besoins que les ordinateurs entraînent et dont la satisfaction incombe aux télécommunications. Nous voyons au tableau 2 les exigences en bits des divers éléments du matériel informatique. On y constate que la gamme des débits en données s'étale sur une quantité de 10⁵ environ. Toutefois, les besoins en télécommunications n'ont pas cette ampleur. Saut peut-être dans le cas des communications par satellite de caractère scientifique, les échanges de données à des débits de mémoire centrale ne sont pas nécessaires pour le moment — ou du moins il n'en existe pas pour lesquels il serait rentable de recourir aux moyens de télécommunication existants. Toutefois, les échanges de données à grand débit sur bandes magnétiques ou microfilm auraient lieu en nombre de circonstances, s'il existait des moyens de télécommunication à haute vitesse qui fussent rentables. Le Réseau téléphonique transcanadien a établi un diagramme du trafic⁶⁰ en bits par mois pour diverses catégories de débits. Cette figure fait ressortir la grande place accordée, semble-t-il, à l'emploi du réseau téléphonique commuté dans la télétransmission de données, d'où la prévision d'un plus haut taux d'accroissement et d'un plus fort volume pour les données à faible débit sur celles à débit moyen au cours de la décennie. Toutefois, si l'on inclut les chiffres touchant les circuits spécialisés, on aboutira probablement à des prévisions contraires.

Les effets de la croissance dans l'usage des terminaux pour opérations commerciales sont difficiles à prédire pour le moment; néanmoins, on peut faire une estimation raisonnable des volumes de trafic en bits. Un bon nombre des applications effectives ou virtuelles de la téléinformatique sont commerciales et, de ce fait, comportent un mouvement d'information très limité. Les réservations auprès des sociétés aériennes fournissent sans doute l'exemple classique de ce type d'applications, mais il en existe bien d'autres. Hough et ses collaborateurs⁶¹ ont établi des pronostics sur le volume des transactions aux États-Unis en 1990, c'est-à-dire pour une époque où les applications de ce type devraient être stabilisées

⁶⁰ H. M. Zeidler, et collaborateurs, ouvrage cité.

⁶¹ R. W. Hough, Carolyn Fratessa, Virginia Holly, A. H. Samuel et L. J. Wells, *A Study of Trends in the Demand for Information Transfer* (rédigé pour la National Aeronautics and Space Administration, Ames Research Center, Moffett Field, Californie, contrat n° NAS2-5369, SRI Project MU-7866, Menlo Park, Californie, Stanford Research Institute, février 1970).

Figure 9
Coût mensuel de location des postes terminaux



Source :
Institut de recherche Stanford

Explication des abréviations :

I. T. : Imprimantes à clavier
L. O. C. : Lecteur optique de caractère
T. I. E. C. : Terminaux d'interrogation à écran cathodique

Afin de faciliter l'emploi des terminaux PV, et d'en accroître la rentabilité, on a cherché à fournir des installations qui augmenteraient le nombre des commis pouvant utiliser le dispositif. Un terminal de conception intéressante a été créé par Lyman Richardson de la société T-Scan Ltd. On y introduit par une fente une carte marquée, et celle-ci est éjectée quelques secondes après avec la réponse au verso. Le terminal est assez rapide pour que nombre de personnes y aient accès en même temps; il leur suffit de s'approcher et d'insérer leur carte pour un traitement immédiat; elles peuvent aussi accumuler les cartes pour les introduire par lots dans l'appareil au moment opportun. Ce type de terminal se prête, bien sûr, à des applications plus complexes que le dispositif de PV. L'essai auquel il a été soumis est exposé dans le volume n° 2 de la collection « Etudes » du G. E. T. C. dû à Lyman Richardson et portant le titre de *Expérience de gestion scolaire dans le comté de Peel*. Saut dans les projections de coût tout à fait approximatives de la figure 9, il n'a pas été question de beaucoup d'autres terminaux dans notre étude; la plupart, d'ailleurs, reposent sur des techniques semblables à celles dont nous avons rendu compte. Nous citerons quatre domaines d'application étendue : caisse de banque, distribution de tickets, cours de la bourse et traitement séquentiel.

La société General Motors of Canada emploie avec satisfaction un terminal téléphonique depuis 1969 pour répondre aux demandes de renseignements sur le mouvement des voitures commandées. À son avis, ce système devrait être beaucoup plus utilisé, car il s'est révélé efficace et peu coûteux. Il fallait seulement quatorze semaines-homme de programmation pour mettre le système sur pied; celui-ci donnerait des réponses satisfaisantes dans 70 p. 100 des cas; quant au reste (30 p. 100), il fournirait les données nécessaires pour faire appel à un concours humain. Le système a été adopté récemment aux États-Unis par une division de la G. M.

Le matériel de reconnaissance de la voix, qui pourrait dispenser d'un dispositif à bouton unique pour l'introduction des données en distinguant les éléments du langage humain, en est encore à une étape peu avancée; son usage ne devrait donc pas se répandre au cours de la présente décennie. L'IBM fait actuellement l'expérience d'un dispositif capable de reconnaître treize mots émanant d'ingénieurs⁵⁹ de ses clients. On n'a pas révélé comment il réagissait aux divers accents.

d) Terminals de points de vente (PV)

Ces terminals ont surtout servi jusqu'ici à vérifier le crédit des consommateurs. Ils sont donc la simplicité même. Les plus répandus comportent un dispositif à bouton simple et des voyants de signalisation. La capacité de servir à d'autres fins, tels la comptabilité en liaison directe et les inventaires, n'a pas échappé à l'attention, non plus que l'ampleur du marché. On estime à plus de six millions, pour les États-Unis seulement, le nombre des caisses enregistreuse en usage. La difficulté consiste à produire un terminal économique. L'industrie amorce à peine son essor, et on trouve déjà sur le marché un assez grand choix de terminals PV, depuis le dispositif à bouton unique jusqu'aux appareils à fonctions multiples, sans compter celui, destiné principalement aux supermarchés, qui comprend une « bague magique »; celle-ci, passée au-dessus de l'étiquette, lit le prix de chaque article et, si désiré, son numéro de magasin.

⁵⁹ « IBM Voice Recognition Only Experimental », *Datamation*, vol. XVII, n° 18, 15 septembre 1971, p. 48.

Les terminaux à tube cathodique exigent un refroidissement ininterrompu de l'écran ; par conséquent les mémoires tampons sont nécessaires, ce qui hausse sensiblement le coût du terminal. Le plus bas prix est de \$ 1 500. Il y a des suppléments pour diverses commodités : production de graphiques, préparation des textes, jeux de caractères plus nombreux et grand écran. La capacité d'écriture vectorielle de précision ajoute encore au prix de revient. Plusieurs terminaux coûtent plus de \$ 100 000.

Un perfectionnement notable a consisté dans la fabrication de terminaux portatifs composés d'un coupleur acoustique de téléphone, d'un clavier, d'un générateur de caractères et d'une mémoire tampon. On tire alors profit d'un écran de simple téléviseur en y branchant un câble à la prise de l'antenne. Cette technique a pour résultat un terminal facile à porter et qui se vend environ \$ 1 200 au Canada. Des dispositifs de ce genre pourraient bien se révéler des prototypes du terminal d'ordinateur à usage domestique. Comme une assez forte proportion de leur prix de revient est du domaine électronique et que les économies de la production de masse sont encore à venir, les prix devraient baisser de moitié d'ici cinq ans.

c) *Terminals téléphoniques à clavier*

Pendant quelques années encore, la seule manière pratique de généraliser l'accès aux ordinateurs à partir des foyers sera fournie par les terminaux téléphoniques à clavier. C'est là une technique aux possibilités restreintes, mais elle n'oblige pas à des dépenses en matériel de terminal si l'on dispose déjà d'un téléphone à clavier. Il existe aussi des dispositifs qui s'adaptent à l'appareil à cadran.

Les terminaux téléphoniques sont déjà sur le marché depuis quelque temps. Les appareils ordinaires à vocabulaire de trente-deux mots, à ligne d'accès unique et mini-ordinateur pour la contrôler, coûtent environ \$ 30 000 ; à l'autre extrémité de la gamme, les appareils comportant soixante lignes d'accès et un vocabulaire de 2 000 termes, se vendent quelque \$ 140 000. Dans la plupart des cas, la lecture emprunte la parole et celle-ci est enregistrée sur film de cellulose ou bien sur bande ou tambour magnétiques. Au moins un appareil reproduit des mots à partir des phonèmes de base du langage humain, ce qui lui vaut un vocabulaire illimité.

Les terminaux téléphoniques devraient servir surtout à répondre à des demandes de renseignements simples, mais des utilisations plus complexes ne sont pas à exclure. Parmi les applications ordinaires, citons les autorisations de crédit, les inventaires, les vérifications de prix, la réception des commandes et la collecte des données en usine.

Les progrès techniques les plus prometteurs seraient les suivants :

- une incorporation croissante des composants de grands circuits intégrés et des tampons de mémoires électroniques
- la pénétration sur le marché des imprimantes électro-statiques

Si les particules de grands circuits intégrés devaient réduire le coût des éléments logiques de terminaux, il n'en reste pas moins qu'elles ne forment qu'un faible pourcentage des coûts de fabrication. Les mémoires tampons cycliques (à bulles magnétiques ou à charge couplée) peuvent aussi entraîner des diminutions de coût, mais elles auront de forts concurrents dans les terminaux renfermant leurs propres éléments de stockage, tels les dispositifs à tubes cathodiques, à verre photochromique et à plasma.

a) *Imprimantes à clavier*

L'imprimante à clavier, à l'heure actuelle, est le terminal le plus répandu. Comme cet appareil se produisait déjà en quantité pour le Telex et le TWX, il a été facile de l'adapter aux besoins des terminaux d'ordinateur.

Les prix d'achat des imprimantes à clavier s'échelonnent ordinairement entre \$600 et \$7 000. Ces écarts tiennent largement au plus ou moins de robustesse dans la construction, mais la vitesse des appareils et les dimensions des caractères entrent aussi en jeu.

La plupart des imprimantes à percussion fonctionnent à 120 b/s ou moins. Les dispositifs à encrage par vaporisation ou électrostatiques sont un peu plus rapides. Les imprimantes électrostatiques — plus silencieuses, plus rapides, plus fiables et capables de produire des graphiques — remplaceront vraisemblablement les imprimantes à percussion. Toutefois, celles-ci, dans leurs versions les moins chères, seront difficiles à supplanter sous l'angle des prix; aussi leur disparition devrait-elle être lente et graduelle.

b) *Terminaux à écran cathodique*

Voici un genre de dispositif de plus en plus en faveur, en particulier lorsque les enregistrements sur papier ne sont jamais ou que rarement nécessaires. Ces appareils se caractérisent par une haute vitesse de reproduction des données, mais ils sont aussi particulièrement souples dans leur présentation; munis d'un curseur ou d'un indicateur, ils permettent plus de liberté dans la liaison avec l'ordinateur.

peuvent être facilement réintroduites dans l'ordinateur pour un traitement ultérieur, à l'encontre des données sous forme numérique. D'autre part, on peut tirer des copies lisibles des enregistrements sans recourir à l'ordinateur pour le décodage de données numériques. De plus, le support en question est beaucoup plus durable que le ruban magnétique, qui nécessite de nouveaux enregistrements à des intervalles de trois à six mois.

Pour de nombreuses applications, la comparaison avec l'imprimante par ligne est appropriée. Les avantages du dispositif sont le prix (le film est environ six fois moins cher que le papier à imprimer), la vitesse (40 000 lignes par minute contre 2 000 pour l'imprimante par ligne rapide), la compacité (il n'exige que 2 p. 100 de l'espace que prend une imprimante par ligne pour la même production) et la facilité avec laquelle on peut faire des copies de haute qualité.

La plupart des prévisionnistes annoncent des taux de croissance élevés (de 25 à 40 p. 100) pour les sorties sur microfilm après 1975, mais *Quantum Sciences*⁵⁸ n'en prédit pas moins une situation voisine de la saturation du marché pour l'année susmentionnée. C'est que « plus de 50 p. 100 des utilisateurs de centres mécanographiques, — soit ceux qui versent à ce titre des loyers supérieurs à \$50 000 par mois, — se feront installer les dispositifs à microfilm, et que peu auront besoin de plus d'un appareil ». On prévoit aussi qu'à cette époque les dispositifs à microfilm se vendront \$25 000 et plus, avec prix moyen de \$35 000, contre \$30 000 et \$60 000 en 1971.

12. Terminaux

Il n'est pas facile de se soustraire aux généralités en abordant un sujet aussi étendu que celui des terminaux, car il s'en trouve à tous les prix depuis \$15 pour le dispositif à bouton simple jusqu'à \$100 000 pour des terminaux « intelligents ». Des terminaux spécialisés, telle la console de visualisation graphique conversationnelle, peuvent coûter encore davantage.

Nous avons choisi arbitrairement, pour un bref examen, quatre catégories de terminaux :

- imprimantes à clavier
- terminaux à écran cathodique
- terminaux téléphoniques à clavier
- terminaux de points de vente

⁵⁸ « Was COM a Victim of Overreaction », *Datamation*, vol. XVII, n° 15, 1^{er} août 1971, p. 49.

données dont on a besoin, et environ 1 p. 100 à les traiter. Ces circonstances constituent une forte incitation à s'écarter des normes en cours s'il peut en résulter un meilleur rendement.

La société Ampex a présenté un nouveau dispositif (Memory Terabit) qui semble de nature à redonner à la mémoire à bandes la faculté de faire de nouveau concurrence aux mémoires à laser pour le stockage de masse. Le dispositif Ampex offre des densités d'enregistrement de 1 500 000 bits par pouce carré en permettant un enregistrement et une lecture dans le sens de la largeur du ruban plutôt que de la longueur, ce qui réduit les problèmes d'alignement de la tête. Dans sa version la plus importante, l'appareil peut contenir 3×10^{12} bits sur soixante-quatre systèmes d'entraînement. Il suffit de quarante-cinq secondes pour faire une recherche sur toute l'étendue d'un ruban. Quant au temps d'accès, il serait inférieur à la moitié du temps d'exploration dans la plupart des cas, c'est qu'un dispositif de cette taille permet de mieux grouper les données nécessaires.

La plus grande mémoire Terabit devrait coûter quelque trois millions de dollars, ce qui correspond à 10^{-4} cents par bit. C'est là un peu moins que pour la mémoire optique Unicon. Les premières livraisons ont été effectuées à l'automne 1972. Depuis la réalisation due à Ampex, on a annoncé de nouveaux dispositifs fondés sur la même technologie.

c) Conservation sur microfilm

Dans bien des applications, il faut conserver les enregistrements pour des consultations éventuelles, mais il n'y a guère lieu de les modifier ou de manipuler davantage les données qu'ils renferment. S'il s'agit de grandes quantités de données, le microfilm offre le moyen de conservation le plus économique.

Les appareils photomicrographiques sur ordinateurs sont assez récents. On estime⁵⁷ à une cinquantaine le nombre des organes de sortie de microfilm installés fin 1968 dans le monde entier. Deux ans plus tard, il y en aurait eu de 700 à 800.

Les principaux inconvénients de ces sorties de microfilm sont de deux ordres : contrairement au ruban magnétique, le film ne peut être corrigé ou modifié ; les données, non plus, ne

⁵⁷ Charles Askanas, « Commentary », *Datamation*, vol. XVII, n° 14, 15 juillet 1971, p. 72.

Les chargeurs varient en capacité de 1 à 200 mégabits ; souvent ils sont groupés en unités multiples d'une capacité globale qui dépasse de plusieurs fois celle mentionnée plus haut. D'une manière générale, les temps d'accès moyens se situent entre 100 et 200 millisecondes, mais il existe des unités (comportant une tête de lecture et d'écriture pour chaque piste) à temps d'accès moyen de l'ordre de dix millisecondes. Les prix diffèrent sensiblement selon la vitesse et la capacité, mais ils sont compris normalement dans la fourchette de 0,005 à 0,2 cents le bit, compte tenu du coût du tourne-disque. Comme les chargeurs sont amovibles, leur prix de revient n'est pas très révélateur. Des données supplémentaires peuvent être mises en place au moyen de chargeurs de secours pour aussi peu que 10^{-5} cents par bit.

b) Bandes magnétiques

Comme la technologie des disques, celle des bandes magnétiques semble assez avancée. Les densités d'enregistrement réalisées par cette formule n'ont cessé de croître, grâce à des améliorations aux enduits magnétiques⁵⁵. Des progrès récents laissent entrevoir pour bientôt des densités maximales trois fois plus élevées. Les limitations actuelles ne sont pas uniquement celles de la qualité des rubans. Il faut noter aussi les variations dans l'alignement de la tête de lecture, qui font plafonner ces densités à quelque 20 000 bits par pouce carré en géométrie classique⁵⁶. Et, bien sûr, les densités accrues augmentent les risques d'erreurs occasionnées par les particules de poussière.

Les bandes magnétiques ont en général deux fonctions. Premièrement, elles servent à l'échange de données entre ordinateurs. Alors, les normes sont d'une extrême importance, d'où la lenteur probable des perfectionnements à venir. Deuxièmement, les bandes servent de mémoire complémentaire, un peu comme les chargeurs et les tambours. La plupart des usagers font servir les dérouleurs à ces deux fins.

Dans certaines applications, les dérouleurs de bandes servent à pleine capacité comme compléments de mémoires. Par exemple, aux États-Unis, l'Administration de la Sécurité sociale fait régulièrement usage de six ordinateurs IBM 360/65 pour explorer chaque nuit 1 400 bobines de ruban. À peu près 99 p. 100 du temps sont consacrés à la recherche des

⁵⁵ « Memorizing More on Tape », *Business Week*.

⁵⁶ « A Particle that Jams More Data on Tape », *Business Week*, n° 2171, 10 avril 1971, pp. 42-44.

magnétiques le long de chaînes de récepteurs. Pour produire les dispositifs à charge couplée, on emploie sensiblement les mêmes procédés techniques que pour les mémoires à semi-conducteurs, sauf que là aussi les étapes sont moins nombreuses. Les prix de revient sont difficiles à prévoir comme il s'agit d'une technique encore récente ; cependant, ils devraient s'établir à peu près aux mêmes niveaux que pour les registres à décalage par bulles magnétiques, à rendement analogue. Or, ceux-ci, estime-t-on, devraient être de quelques fois moins chers que les mémoires à semi-conducteurs.

Les mémoires à charge couplée, selon un auteur⁵³, fonctionneront à dix mégahertz et ne consomment que cinq microwatts par bit, d'après la technologie actuelle. Des perfectionnements permettraient de passer à un débit dix fois plus élevé et à des densités d'enregistrement d'un million de bits au pouce carré.

Sans doute, les possibilités de ces dispositifs comme détecteurs d'images sont plus extraordinaires encore. La société Bell a déjà produit un dispositif de projection à charge couplée, renfermant quatre-vingt-seize éléments capteurs de lumière⁵⁴. Ces dispositifs sont tout spécialement avantagés pour la détection des images à divers titres : a) ils se fabriquent facilement en silicium, matière réagissant bien à tout le spectre lumineux ; b) étant donné la simplicité des détecteurs, on prévoit des rendements suffisants même avec de grands jeux de détecteurs ; c) le détecteur se balaye seul et fonctionne à bas voltage.

11. Mémoires autonomes

a) Les chargeurs

Comme les disques à tête fixe, les chargeurs sont trop perfectionnés pour que l'on puisse prévoir des rendements de dix à cent fois moins coûteux par exemple, ou des progrès de cet ordre. Toutefois, on s'attend à des améliorations aux enduits magnétiques qui accroîtraient sensiblement la densité d'enregistrement, mais on ne saurait se hasarder à des prédictions précises pour la décennie à venir.

⁵³ Laurence Altman, « The New Concept for Memory and Imaging : Charge-Coupling », *Electronics*, vol. XLIV, n° 13, 21 juin 1971, pp. 50-59.

⁵⁴ « Memorizing More on Tape », *Business Week*, n° 21772, 17 avril 1971, p. 65.

On peut en établir le cycle entre un et dix mégahertz ; quant aux densités d'enregistrement, on prévoit qu'elles seront de 10^5 à 10^7 bits par pouce carré et de 10^8 bits par pouce cube⁵². La mise sur le marché devait avoir lieu en 1973-1974.

Notons que la mémoire à bulles magnétiques ne sera probablement pas offerte en accès sélectif, comme elle est mieux adaptée à l'accès cyclique. Elle aurait le plus de possibilités d'estime-ton, comme solution de rechange aux mémoires de grande capacité ou aux mémoires à disques utilisant des têtes fixes. Cette technique comporte un avantage d'un intérêt tout spécial : les éléments logiques peuvent être combinés dans une unité de mémoire ordinaire. Cela pourrait contribuer, a-t-on avancé, à de nouvelles formes d'organisation du calcul. A plus brève échéance, cette formule devrait surtout être utile en permettant d'adresser un ou plusieurs registres cycliques sur une seule pastille à bulles magnétiques.

Dans la pratique, on limite le diamètre des bulles magnétiques à une fois ou deux l'épaisseur du matériau ; de plus, l'espacement des bulles ne doit pas être inférieur à deux ou trois fois leur diamètre (étant donné leur force de répulsion) ; c'est dire que l'épaisseur du matériau magnétique est importante dans l'étude des structures. Sous ce rapport, les limitations actuelles tiendraient à ce qu'il est difficile de déceler d'une façon sûre la présence de petites bulles et qu'il faut tenir compte des épaisseurs minimales de ligne existantes lorsqu'on recourt aux techniques de la photolithographie. Pour surmonter cette dernière difficulté, il suffit de passer à la lithographie par faisceau électronique.

d) *Dispositifs à charge couplée*

Il est sans doute présomptueux de prédire la prédominance d'une technique ou d'un dispositif sur d'autres en matière de mémoires en cours d'exploration ; est-ce que la révélation des dispositifs à charge couplée par les laboratoires de la Bell Telephone ne remonte pas qu'au printemps 1971 ? Or, la formule a fait sensation dans le secteur et déjà diverses entreprises travaillent à la construction de modèles préliminaires.

Le dispositif à charge couplée est semblable aux mémoires à bulles magnétiques : des grappes de charge sont acheminées le long d'une chaîne d'électrodes un peu comme les bulles

⁵² « 100 Million Bits Per Cubic Inch in New Devices », *Bell Laboratories Record*, vol. XLIX, n° 1, janvier 1971, p. 33.

La société RCA travaille à la réalisation d'une mémoire holographique plus petite, d'accès plus rapide et à contenu effaçable. Pour enregistrer les hologrammes, on porte un film de manganèse et de bismuth au point de Curie, dans des zones de haute intensité lumineuse; il en résulte un inversement de la magnétisation au refroidissement. Le temps d'écriture n'est que de vingt nanosecondes, mais celui de lecture est d'environ vingt microsecondes. Le temps moyen d'accès se situe dans les centaines de microsecondes. La mémoire a été conçue en vue d'une capacité de 10^8 bits, au coût probable de moins d'un cent le bit⁴⁸. Mais la formule n'est pas encore au point. En effet, l'appareil exige un laser extrêmement puissant, un déflecteur rapide de faisceau et des modulateurs de lumière rapides et durables. Dans une communication ultérieure, la RCA affirmait avoir mis au point un cristal de la grosseur d'un cube de sucre, fait de niobate de lithium et de nitrate de sodium et de baryum⁴⁹, additionnés d'impuretés métalliques, et capable de stocker 10^{12} bits d'information.

c) Mémoires à bulles magnétiques

L'idée de stocker de l'information dans des domaines ou « bulles » magnétiques se déplaçant sur des films minces de substances magnétiques a été signalée pour la première fois par A. H. Bobeck, des laboratoires Bell, en octobre 1967⁵⁰. En découvrant plus tard que le grenat se prêtait à cet usage, on a accru sensiblement les possibilités de cette technique; c'est non seulement que le grenat se produit à meilleur compte que les orthoferrites utilisées auparavant, mais qu'une plus grande mobilité des bulles et une plus grande densité d'enregistrement sont alors possibles. Pour produire des mémoires à bulles magnétiques, on emploie à peu près la même technique que pour les mémoires à semi-conducteurs, sauf que les étapes sont moins nombreuses et les tolérances moins critiques. On peut en attendre des rendements plus élevés et par conséquent une plus grande capacité de stockage par pastille que les mémoires à semi-conducteurs utilisées d'une façon pratique. Les mémoires à bulles magnétiques devraient avoir un prix de revient de plusieurs fois inférieur à celui des mémoires à semi-conducteurs et sensiblement plus bas que celui des mémoires à tores⁵¹.

⁴⁸ R. D. Lohman, R. S. Mezhich et W. C. Stewart, « Holographic Mass Memory's Promise : Megabits Accessible in Microseconds », *Electronics*, vol. XLIV, n° 2, 18 janvier 1971, pp. 61-66.
⁴⁹ *EDP Weekly*, vol. XII, n° 11, 5 juillet 1971, p. 15.
⁵⁰ A. H. Bobeck, « Properties and Device Applications of Magnetic Domains in Orthoferrites », *Bell System Technical Journal*, vol. XLVI, octobre 1967, pp. 1901-1925.
⁵¹ A. H. Bobeck et H. E. D. Scovil, « Magnetic Bubbles », *Scientific American*, vol. CCXXIV, n° 6, juin 1971, pp. 78-90.

A mesure que baissera le prix des mémoires à circuit intégré, les petits dispositifs deviendront de moins en moins économiques. On s'appliquera surtout à mettre au point de grands appareils à débits de transfert et à temps d'attente de l'ordre de dix ms. Ils permettront le remplacement rapide des tores dans les grands ordinateurs. Des prix de 0,05 cents par bit pour des appareils de 500 megabits sembleront raisonnables d'ici quelques années. C'est là dix fois moins environ que le prix probable pour la mémoire électronique lente.

b) *Installations à mémoire optique*

Divers ordinateurs à mémoire optique de très grandes dimensions sont déjà réalisés ou en bonne voie. Le modèle IBM 1300 (Photo-Digital Storage System) compte parmi les plus anciens (fin 1967). Il avait une puissance de mille milliards en bits. Les données étaient enregistrées sur de petites particules de film au moyen d'un faisceau électronique. Ce type d'ordinateur, conçu en fonction d'un besoin particulier, ne faisait pas partie de la production courante d'IBM.

Plus récemment a été créée une mémoire dite « Precision Instrument Union », d'une capacité de 10^{12} bits. L'enregistrement est assuré par rayon laser sur film spécial, et il ne peut être effacé. Comme le film est peu coûteux et que la densité est très élevée, il n'y a pas là d'inconvénient majeur. Chaque feuillet de film aura une capacité d'environ deux milliards de bits accessibles en quelque 100 millisecondes. Les 450 feuillets se prêteront à une sélection automatique, avec temps d'accès de l'ordre de vingt à trente secondes. L'installation complète se vendant à peu près \$ 1,6 million⁴⁶, le coût par bit sera d'environ $1,6 \times 10^{-4}$ cents. On travaille actuellement à la réalisation de dispositifs à mémoire holographique. Cette formule permettra des densités d'enregistrement comparables à celles du procédé Union (10^8 bits au pouce carré). Les mémoires holographiques comportent toutefois un avantage : elles sont peu sensibles à la poussière et peu sujettes aux autres défauts des supports de l'enregistrement, étant donné que l'information contenue dans n'importe quel bit déborde sur un espace beaucoup plus étendu et est entremêlée avec celle que portent d'autres bits. Une mémoire holographique de 10^{12} bits serait en cours de réalisation aux États-Unis à la Radiation Incorporated. La Russie y travaillerait également⁴⁷.

⁴⁶ « Arpa Net to Have Trillion-Bit IR System », *Datamation*, vol. XVII, n° 10, 15 mai 1971, pp. 86 et 87.

⁴⁷ A. L. Mikaeliane et V. I. Bobrinev, « Holographic Memory Devices », *Opto-Electronics*, vol. II, 1970, pp. 193-199.

variées. Elles servent, par exemple, de magnétomètres ultrasensibles (jusqu'à moins 10^{-11} gauss), d'appareils très sensibles pour mesurer le voltage (10^{-11} volts) ou le courant (10^{-11} ampères)⁴⁴.

Dans le domaine des télécommunications, les jonctions Josephson peuvent servir avantageusement de convertisseurs très sensibles dans la gamme des fréquences allant de la radio à l'infrarouge⁴⁵.

10. Mémoires lentes à accès direct

La présente catégorie embrasse tous les éléments de mémoire qu'il n'est pas facile de placer loin du centre de traitement mais qui n'appartiennent pas aux mémoires d'accès rapide. On y trouve notamment :

- Les tambours et les disques à tête fixe magnétiques ;
- Des mémoires à bulle magnétique ;
- Des dispositifs à charge couplée.

a) *Tambours et disque à tête fixe magnétiques*

Depuis nombre d'années ces dispositifs sont sur le marché sous diverses formes, dans une gamme étendue de vitesses et de capacités. Celles-ci s'échelonnent ordinairement entre 10^5 et 10^9 bits. Quant aux temps d'accès moyens, leur fourchette est de 5 à 100 millisecondes, normalement. Les débits, une fois réalisé l'accès au premier mot renfermant les données, varient entre 10^5 et 10^7 b/s d'une manière générale. Cette vitesse d'extraction s'effectue d'habitude sur plusieurs pistes parallèlement.

Il y a eu évolution constante vers des unités à tambours et à disques plus grandes, plus rapides et plus économiques. Comme les mémoires à tores, ces dispositifs sont à peu près au point ; il n'y a donc pas lieu de prévoir des améliorations au décuple ou au centuple pour la décennie à venir. Toutefois, les matériaux d'enduit magnétique ont fait l'objet ces temps derniers de perfectionnements qui pourraient bien entraîner des hausses de rendement.

⁴⁴ Owen Doyle, ouvrage cité.

⁴⁵ Andrew Longacre, « A Josephson Frequency Converter », *Electronics*, vol. XLIV, n° 5, 1^{er} mars 1971, pp. 44-46.

traiterait un chemin entre eux sans l'application d'un potentiel ». Un autre fait a aussi été pressenti par l'auteur : « . . . une polarisation traversant les super-conducteurs produirait un courant alternatif à fréquence proportionnelle au niveau de la polarisation »⁴².

Il se fait actuellement des études intéressantes sur la fabrication de mémoires cryogéniques rapides pour lesquelles on combine la pénétration par effet tunnel et par effet tunnel Josephson passant à travers des isolants minces disposés entre deux super-conducteurs⁴³.

Les avantages que peut offrir cette technologie sont les suivants :

- Les cycles de mémoire de quinze à quarante nanosecondes apparaissent comme raisonnables. Même des cycles plus rapides sont peut-être réalisables.
- La consommation de courant est extrêmement faible et se limite aux dix-millième de celle d'une mémoire à semi-conducteurs équivalente.)
- Le décodage d'adresse peut s'effectuer dans la mémoire de telle sorte que très peu de canaux sont nécessaires pour raccorder la mémoire aux circuits extérieurs.
- On prévoit de fortes densités d'enregistrement, soit quelque 10⁸ bits par pied cube.

Il faudra apporter bien des améliorations à cette mémoire et attendre une dizaine d'années avant sa mise en marché. Problème intéressant à prévoir, il sera difficile d'assurer l'entretien d'une mémoire ne pouvant fonctionner qu'à des températures voisines de 3,6° K (-447° F). Au stade de développement actuel, il n'est pas possible de faire des prévisions sérieuses sur les coûts.

Notons que les mémoires très rapides ne représentent qu'un domaine d'exploitation virtuelle de l'effet Josephson parmi d'autres. Le National Bureau of Standards de Washington met déjà à profit les jonctions Josephson comme normes premières de voltage, qui sont exactes à quelques parties sur 10⁸ près. Leurs applications (à divers stades de développement) sont

⁴² Owen Doyle, « Josephson Junctions Leave the Lab . . . but Only a Few at a Time », *Electronics*, vol. XLIV, n° 5, 1^{er} mars 1971, pp. 38-42.

⁴³ Wilhelm Anacker, « Potential of Superconductive Josephson Tunneling Technology for Ultrahigh Performance Memories and Processors », *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. MAG-V, n° 4, décembre 1969, pp. 968-975.

c) Mémoires pelliculaires et à fil plaqué

Les mémoires pelliculaires et à fil plaqué appelés à remplace, a-t-on cru un certain temps, les mémoires à tores, n'ont pas donné les résultats escomptés. Celles à fil plaqué sont encore en usage pour des applications restreintes, notamment dans le domaine militaire. Si elles n'ont pas connu plus d'expansion, c'est qu'il n'est pas facile d'en obtenir de hauts rendements et qu'elles se prêtent peu à l'itération par conséquent.

d) Dispositifs ovoniques

L'invention de ces commutateurs et de ces mémoires amorphes (verre) a été marquée par beaucoup de mystère et de passion. Leur mise en œuvre s'est poursuivie pendant quelques années sans qu'on comprenne très bien la théorie de leur fonctionnement. On leur a souvent attribué toutes sortes de possibilités : grande vitesse de commutation, rémanence de la mémoire et faibles coûts de fabrication. Le premier dispositif ovonique est actuellement sur le marché. C'est principalement une mémoire inaltérable de 256 bits, à lecture non destructive d'une cadence de cent nanosecondes et à temps écriture de deux à dix millisecondes. Elle se vend à \$ 60 en quantités de cent⁴⁰.

Ces temps derniers, une théorie sur le fonctionnement des dispositifs ovoniques a été confirmée⁴¹, il s'agissait d'établir une source de chaleur suffisante pour cristalliser le verre en un « filament ». Dans ces conditions il ne semble guère probable que se réalisent les promesses éclatantes touchant l'utilisation de ces dispositifs comme éléments de mémoire, mais on pourrait leur trouver d'autres applications.

e) Les mémoires à effet Josephson

L'effet en question ici a été imaginé d'abord par Brian Josephson à l'Université Cambridge en 1962, puis a été observé dans divers laboratoires américains durant l'année qui a suivi. Plus précisément, la notion, bien confirmée aujourd'hui, avait été formulée ainsi : « . . . si deux super-conducteurs étaient faiblement connectés, un courant continu s'écoulerait ou se

⁴⁰ « L'Effet Ovshinsky est au salon », *Inter électronique*, 2 avril 1971, pp. 56 et 57.

⁴¹ « Ovshinsky Hot and Cold », *Nature*, vol. CCXXXI, n° 5301, 4 juin 1971, pp. 284 et 285.

b) Mémoires à semi-conducteurs

La mémoire à semi-conducteurs comporte l'avantage de coûts à peu près indépendants de la taille de l'installation; elle est donc particulièrement concurrentielle à l'égard des mémoires à tores lorsqu'une capacité assez modeste est suffisante. De plus, elle se prête à la fabrication par lots, et elle possède en outre les caractéristiques communes à tous les circuits en intégration à grande échelle : coûts de mise en œuvre élevés et coûts de production faibles. Les types et les matériaux de circuits font toujours l'objet d'une vaste expérimentation. Les technologies des semi-conducteurs bipolaires ou à éléments Métal Oxyde, qui sont concurrentes, finissent par se confondre à mesure que progressent les travaux sur les conceptions hybrides. La typologie des circuits est assez flottante également, comme il se crée diverses formes du circuit à bascule électronique. En particulier, les mémoires à condensateurs mettant à profit les effets capacitifs suscitent l'espoir de densités d'enregistrement améliorées avec réduction des pertes d'énergie (un dix-millième de watt, a-t-on signalé)³⁸. Au cours des cinq prochaines années la technologie et les types de circuits devraient tendre vers un petit nombre d'orientations précises qui seraient respectivement le mieux adaptées possible aux besoins de mémoires particuliers. Koehler³⁹ a signalé le manque de normalisation dans les circuits de mémoire intégrés à grande échelle (avec absence correspondante de fournisseurs de mémoire de seconde source) comme étant le grand problème pour les fournisseurs de mémoires électroniques. Les ventes seront réduites d'une façon radicale, d'après cet auteur, jusqu'à ce qu'on trouve une solution.

Les principaux avantages des mémoires à semi-conducteurs sont la vitesse (cycles aussi courts que dix nanosecondes ou moins) et la compatibilité avec les éléments logiques des unités centrales de traitement. Les inconvénients majeurs sont la « volatilité » (cette mémoire, s'il y a interruption de courant, perd son contenu contrairement à la mémoire à tores) et les frais élevés jusqu'à l'avènement de l'intégration à grande échelle. Comme il ressort de la figure 7, les coûts en projection sont bien près d'atteindre le point de rencontre avec la courbe marquant ceux de la mémoire à tores ultra-rapide. Vers 1975, ils devraient être inférieurs à la moitié pour la plupart des applications, à mémoires de rendement équivalent.

³⁸ L. L. Vadasz, H. T. Chua et A. S. Grove, « Semiconductor Random-Access Memories », *IEEE Spectrum*, vol. VIII, n° 5, mai 1971, pp. 40-48.

³⁹ Frederick H. Koehler, ouvrage cité.

9. Les mémoires à accès rapide

a) Mémoires centrales

Depuis les années 50, on se servait ordinairement des mémoires centrales magnétiques pour l'accès rapide. Les mémoires centrales ont déjà fait l'objet d'études poussées, il ne semble donc pas que des hausses de rendement marquées ou des baisses de prix sensibles soient à l'horizon. Les mémoires centrales les plus rapides sur le marché ont un cycle de 200 nanosecondes ou à peu près, les cycles de 750 à 1 500 nanosecondes sont courants. En 1970, on estimait à près de 100 p. 100 la part des mémoires centrales dans les ventes de mémoires à accès rapide, marché d'un milliard et demi à deux milliards de dollars pour les seuls États-Unis. Un fabricant a prédit que même si les ventes progressaient jusqu'à 1975, la proportion des mémoires centrales dans l'ensemble ne serait plus alors que de 50 p. 100, l'autre partie du marché étant acquise aux grands circuits intégrés et aux mémoires à semi-conducteurs³⁵.

Un inconvénient majeur des mémoires centrales est de ne pouvoir se fabriquer par grands lots, chacune doit être entfilée séparément, cependant, des machines permettent l'automatisation de cette tâche. Il est souhaitable, pour réduire la consommation de courant et accroître la vitesse, d'utiliser les plus petits tores possibles. Des tores d'un diamètre de douze à treize millièmes de pouce à l'extérieur et de sept à l'intérieur se prêtent bien à l'entfilage, ceux de huit à dix millièmes sont également susceptibles de cette opération. Les limites de cette solution tiennent à la résistance électrique des fils qui s'accroît avec leur finesse et à la résistance des tores à la rupture qui diminue en même temps que le diamètre, se situant à moins de 50 grammes pour les tores de treize millièmes³⁶. La consommation d'énergie dans les mémoires à petits tores se compare à celle des mémoires électroniques d'aujourd'hui, mais elle est un peu moindre pour les dispositifs à fort rendement.

Koehler³⁷ fait état de consommations aussi faibles que 0,25 milliwatt par bit.

³⁵ « Why Cores Could Become Just a Memory », *Business Week*.

³⁶ Frederick H. Koehler, « An Impartial Look at Semiconductor », *Datamation*, vol. XVII, n° 14, 15 juillet 1971, pp. 42-46.

³⁷ *Ibid.*

Ces graphiques ont pour source principale une prévision par le Standard Research Institute,³⁴ mais des mises à jour ont été effectuées d'après des informations de provenances diverses. Ainsi qu'il ressort des figures, les divers types de mémoires accusent de forts écarts de coûts et de rendement. Aux fins de notre propos, nous répartirons les mémoires entre quatre catégories :

- mémoires à accès rapide (plus de 10 microsecondes)
- mémoires lentes en direct
- mémoires micrographiques

Comme les mémoires de haut rendement coûtent cher, on recourt de plus en plus à une hiérarchie complexe de mémoires conçues de façon qu'on puisse prévoir assez longtemps d'avance les besoins en données de l'unité centrale pour que les organes périphériques de traitement les reçoivent en mémoire lente et les acheminent par la hiérarchie jusqu'à la mémoire rapide. Dans le cas des grands ensembles de mémoires il faut un petit ordinateur pour diriger en permanence la réception et le transfert des données, ce qui permet de réduire les frais généraux de programmation pour le grand ordinateur.

Après quelques années de développement technologique, la mémoire « virtuelle » , qui était offerte dès 1964 avec certains ordinateurs, accède finalement à une existence concrète. Les ordinateurs qui en sont dotés apportent au programmeur une tranquillité totale quant à la capacité de la mémoire centrale ou des autres mémoires et la possibilité de s'en remettre au moniteur pour veiller à ce que le programme et les données appropriés soient en mémoire et accessibles au besoin. L'élément « virtuel » de la mémoire n'exige guère de modification à la mémoire proprement dite. Ce qui est difficile, c'est d'établir la programmation de contrôle et de fournir un centre de traitement spécial et d'extraire de la mémoire lente, au besoin, les feuillets de données. Toutefois, le procédé aura probablement pour effet de ralentir la demande de mémoire utilisable, car la mémoire virtuelle se prête généralement à une meilleure exploitation. Enfin, la tâche du programmeur est réduite, car il n'a plus à s'occuper de l'acheminement des données dans la hiérarchie ; de plus, les programmes sont beaucoup moins tributaires des configurations particulières des mémoires ; ils passent donc mieux d'un ordinateur à l'autre.

³⁴ H. M. Zeidler et ses collaborateurs, ouvrage cité.

Année

10⁻⁶

1964 1966 1968 1970 1972 1974 1976 1978 1980

10⁻⁵

10⁻⁴

10⁻³

Bande magnétique optique et spéciale.....

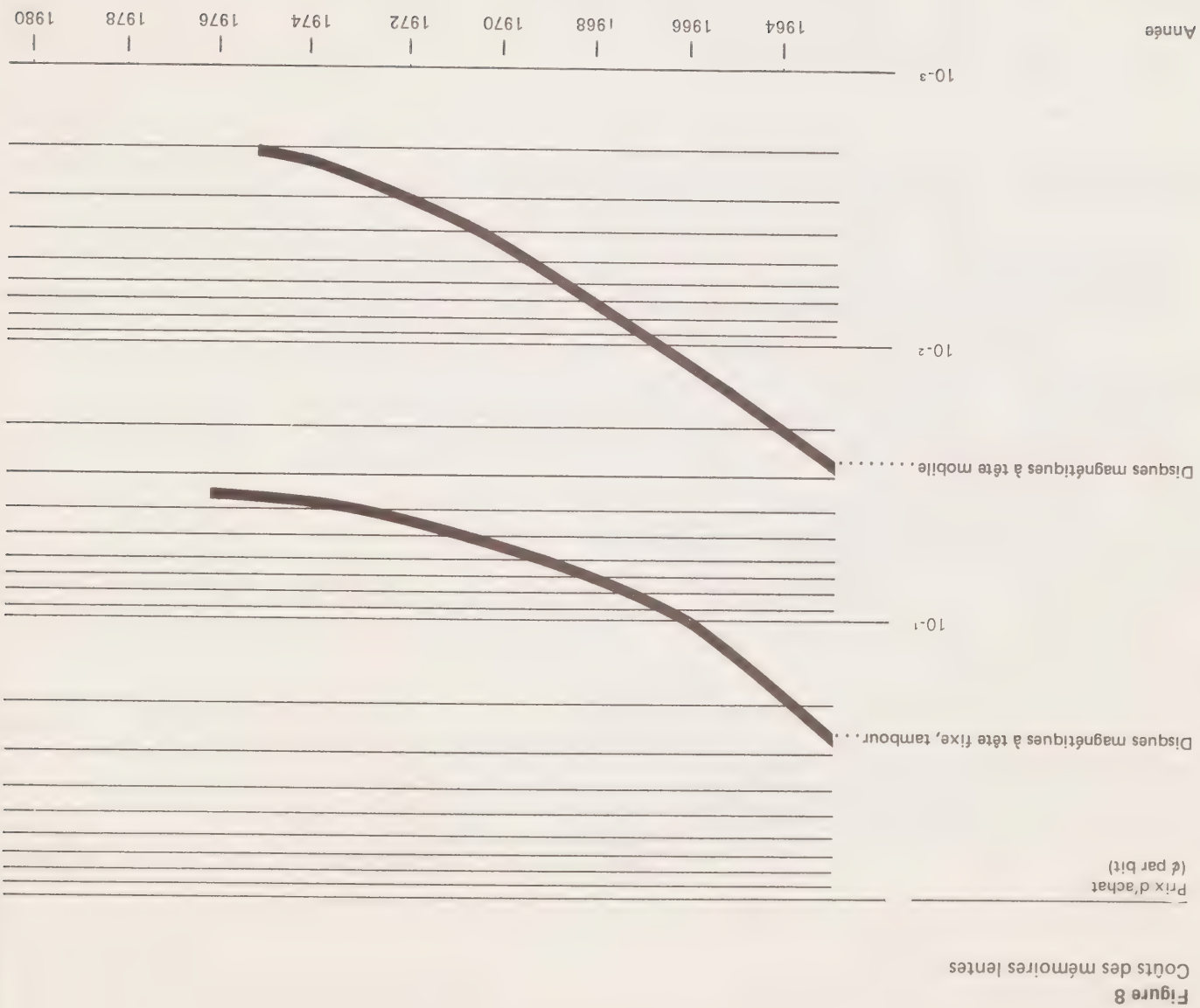
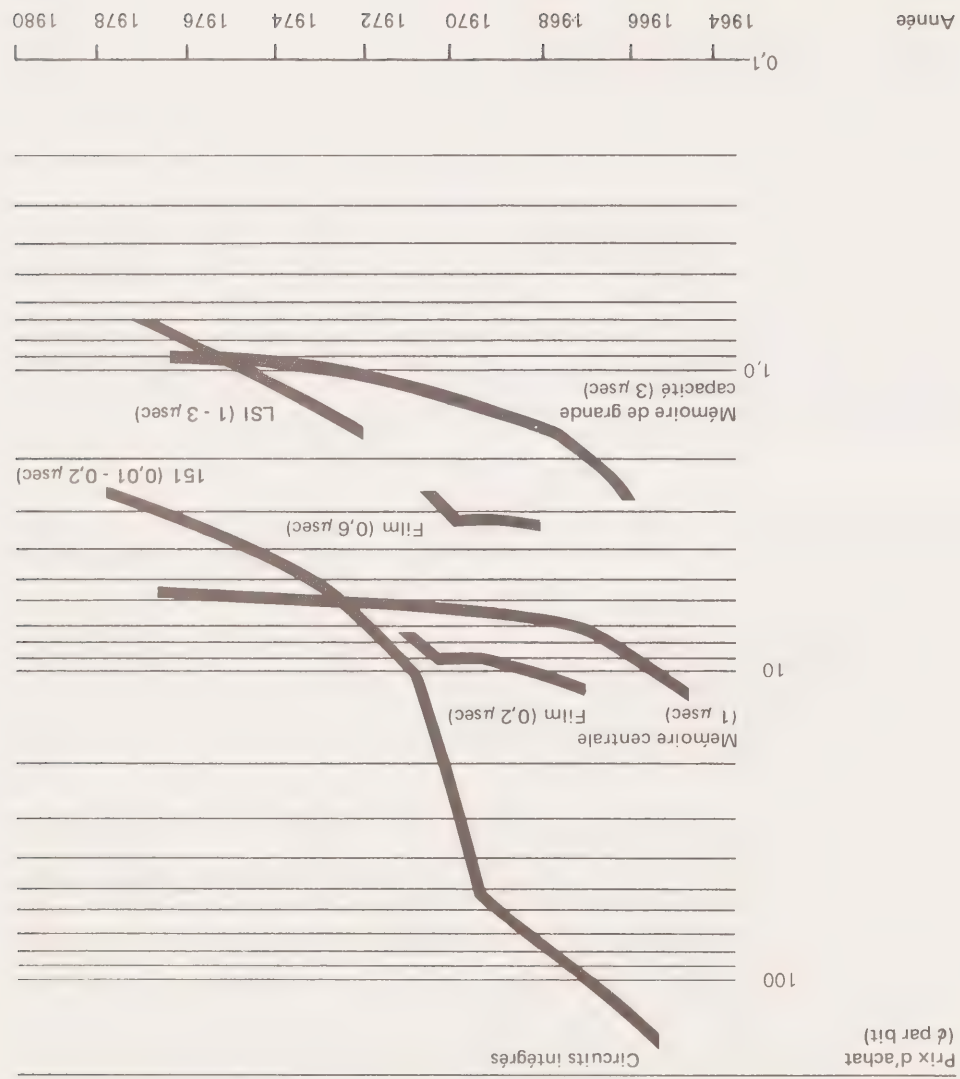


Figure 7
Coûts des mémoires rapides



8. Les mémoires

Tout comme les éléments logiques étudiés sous la rubrique des grands circuits intégrés, les éléments de la mémoire sont essentiels au fonctionnement du calculateur numérique. Ils interviennent largement aussi dans les coûts du centre de calcul. La mémoire à accès rapide entrerait pour 20 à 25 p. 100 dans les dépenses de \$ 7 500 000 000 consacrées par les Etats-Unis aux centres de traitement en 1970³³. Les mémoires à accès lent (unités à tambour, à disques et à rubans) en ont probablement absorbé de 15 à 25 p. 100

a) *Mémoires et banques d'informations*

Les mémoires occupent une place de premier ordre non seulement dans la marche des ordinateurs, mais dans celle des banques d'informations. La mise sur le marché de mémoires volumineuses à bas prix et d'accès facile et une demande croissante de fichiers centraux devraient entraîner la création de grandes banques de données mécanographiques au cours de la décennie.

Ces banques d'informations ne se réaliseront pas du jour au lendemain, bien que les éléments essentiels de la mémoire existent déjà. Il nous reste toujours à apprendre comment faire d'une façon efficace le tri et la recherche dans de grands fichiers. Nous ne possédons pas non plus de langages établis pour l'exploitation des fichiers centraux, mais il est sûr qu'il s'en constituera à brève échéance. Le mini-ordinateur peu coûteux et les mémoires associatives fort chères contribueront sûrement à réduire les coûts de la consultation des données. L'American National Standards Institute a déjà proposé des langages de fichiers normalisés. Que ceux-ci connaissent ou non une large diffusion, le milieu souhaite sans aucun doute l'avènement de normes.

Il semblerait donc que le besoin exprimé par la société et une compétence technique manifeste devraient contribuer au cours de la décennie à répandre les grandes banques d'informations.

b) *Le coût de la mémoire*

Les coûts des mémoires de divers types sont illustrés aux figures 7 et 8.

³³ « Why Cores Could Become Just a Memory », *Business Week*, n° 2156, 26 décembre 1970, pp. 60 et 61.

nouveaux appareils se prêtent mieux à des modifications, mais dans la plupart des cas il ne serait pas facile d'en apporter fréquemment. La microprogrammation, pour être efficace, doit s'appuyer sur des mémoires de petites dimensions mais rapides, et qui soient capables de boucler plusieurs fois un cycle pendant la période cyclique de la grande mémoire.

La microprogrammation sert en général aux fins suivantes³² :

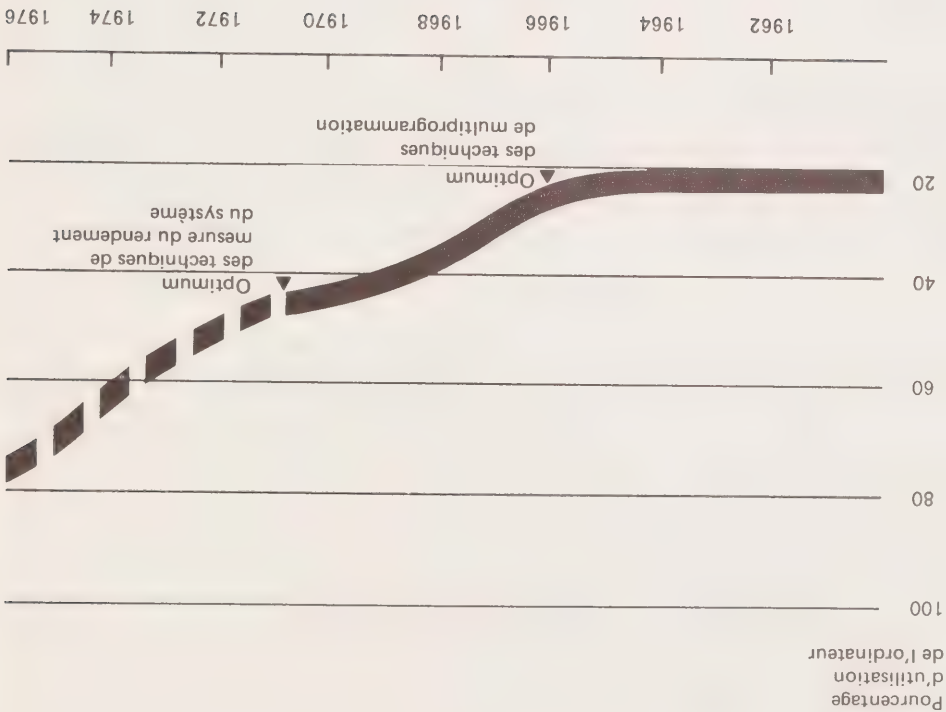
- Comme méthode simplifiée pour doter l'ordinateur d'un jeu d'instructions complexe et diversifié ;
- Faciliter l'émulation dans le cas des ordinateurs et parfois des centres de calcul d'une époque antérieure ;
- Comme appui aux systèmes personnalisés, on a proposé, par exemple, un microprogramme pour le Fortran ;
- Fournir des instructions particulières, pour des dispositifs spéciaux, par exemple pour des systèmes de télé-transmission de données ou pour des traiteurs de graphiques ;
- Comme appui aux systèmes complexes.

La microprogrammation devrait servir surtout avec les petits ordinateurs. Elle devrait envoyer la tendance à employer de nombreux mini-ordinateurs hautement spécialisés, car elle permettrait d'adapter un appareil microprogrammé à diverses utilisations, moyennant un certain sacrifice de vitesse dans le traitement, en toute probabilité. Ainsi, avec des microprogrammes spéciaux on pourrait se servir du même mini-ordinateur pour des tâches aussi différentes que la composition typographique, le contrôle du raffinage pétrolier et la surveillance électronique des malades dans les hôpitaux.

Il est probable que les grands ordinateurs continueront d'évoluer vers la microprogrammation, sans que ce soit nécessairement aux dépens des instructions détaillées au matériel. Il est plus probable qu'ils serviront surtout à une mise en œuvre plus efficace des instructions spéciales dans le domaine des compilateurs et de la programmation de contrôle, ainsi qu'aux efforts pour concurrencer d'autres ordinateurs.

³² M. J. Flynn et R. F. Rosin, « Microprogramming : an Introduction and a Viewpoint », *IEEE Transactions on Computers*, vol. C-XX, n° 7, juillet 1971, pp. 727-731.

Figure 6
Effets prévisibles de la multiprogrammation
et application à l'ordinateur des
techniques de mesure de l'efficacité



Source : Auerbach*

* Auerbach Technology Evaluation, *Computer Software*,
E. D. P. Series, n° 7, Philadelphie, Pennsylvanie, Auerbach
Information, 1971.

Quelques chiffres peuvent indiquer les améliorations apportées à la compilation depuis dix ans. Ce sont les mesures de la vitesse que l'on exprime en « instructions exécutées par carte source compilée » (i.e.-c.s.c.). C'est la mesure très intéressante de la vitesse de compilation, car elle est à peu près indépendante de celle de l'ordinateur, ce qui permet des comparaisons faciles entre les compilateurs de différents ordinateurs. Les chiffres sont tirés d'un ouvrage par C. E. Earnest³¹ de l'Université de New York. Il y a une dizaine d'années, un compilateur Algol 7094 de l'IBM fonctionnait à 137 000 i.e.-c.s.c. Il y a environ cinq ans, le Fortran H sur IBM 360/65 fonctionnait à 37 000. Le chiffre est de 14 000 pour le compilateur Fortran Univac 1108, et il s'agit d'un appareil optimisant, c'est-à-dire qui renferme un bon nombre d'instructions supplémentaires conçues pour une haute qualité dans la traduction des programmes sources qu'il reçoit. Ces chiffres ne sont pas assez précis pour que des graphiques de projection puissent être révélateurs. On peut aussi prévoir des progrès dans les moyens de mesurer le rendement des compilateurs.

d) *Améliorations au rendement des centres informatiques*

Depuis quelque temps on s'intéresse beaucoup au rendement des centres informatiques, un plus précisément à celui de leur exploitation. Bon nombre de centres se sont mis à mesurer ce que valait la répartition de leurs ressources entre les diverses activités. Comme les techniques de mesure se perfectionneront et se généraliseront, l'utilisation de l'ordinateur devrait connaître des améliorations considérables (figure 6). Il n'en résultera pas, bien sûr, de baisses dans les coûts de programmation, mais l'exécution des programmes par ordinateur devrait coûter moins cher.

7. Les progrès de la microprogrammation

Les instructions microprogrammées connaissent une nouvelle faveur depuis quelque temps. Essentiellement cette formule permet à l'utilisateur d'établir lui-même ses instructions sur un modem beaucoup plus petit. Dans les anciennes machines microprogrammées les programmes n'étaient confiés généralement qu'à des mémoires inaltérables; aussi fallait-il modifier matériellement celles-ci pour apporter des changements à l'ensemble des instructions. Les

31 C. E. Earnest, *Appendix II : Comments on Industrial Compiler Practice*, dans *Programming Languages and Their Compilers*, (notes préliminaires, deuxième version révisée) par John Cocke et J. T. Schwartz, Université de New York, Courant Institute of Mathematical Sciences, avril 1970.

L'examen de la figure 5 est très instructif. Par exemple, les réalisations de courte durée semblent avoir la moitié du rendement de celles de longue durée. C'est probablement que les frais généraux sont relativement plus élevés pour un personnel plus nombreux qui doit exécuter certains travaux en moins de temps. D'autre part, le rendement est le même pour les réalisations difficiles de courte et de longue durée; alors, la complexité interviendrait beaucoup plus que les frais généraux. Le degré de difficulté d'un programme est mesuré d'après l'interaction avec d'autres éléments du système complet, comme on l'a indiqué à la partie droite de la figure. M. Aron en infère que si la durée et le degré de difficulté sont fixes, les coûts de programmation sont fonction linéaire du nombre des instructions, alors que plus une réalisation a de durée, plus elle approche le coût minimum par instruction atteint pour des travaux de plus de 24 mois.

Il en résulte un dilemme pour qui cherche à mesurer les gains de rendement en programmation, car le rythme auquel les programmations nouvelles et plus difficiles sont abordées dépassent ou égalent le rythme du progrès dans la compréhension des systèmes de programmation.

c) *Améliorations à la technologie des compilateurs*

Il s'est fait bien peu d'études pour découvrir comment mesurer les rendements des divers compilateurs.

Cette lacune tient surtout à deux faits :

- * La recherche s'est orientée principalement vers les améliorations, plutôt que vers la mesure des résultats.
- Toute comparaison entre compilateurs suppose l'examen de facteurs complexes, dont les suivants :
 - /) Est-ce que dans les versions machine des programmes établies par compilateur on exploite pleinement les ressources en calcul? Diverses ressources sont à observer : temps de compilation sur l'ordinateur, volume de mémoire exigé par le programme (efficacité de la mémoire pour la tâche), temps d'ordinateur nécessaire pour le programme (efficacité du code pour la tâche);
 - ///) Le compilateur effectue-t-il la traduction immédiate en langage machine ou est-ce que les produits du compilateur doivent être traités avant d'être introduits dans l'ordinateur?
- ///) Tous les éléments du langage source sont-ils traduits par le compilateur?
- iv) Quelle partie des frais généraux de l'étape traduction est imputée au compilateur et combien sont absorbés par le système entier d'exploitation ou, plus particulièrement, sont assimilés aux frais de l'opération entrée-sortie?
- v) Est-ce que l'ordinateur qui effectue les traductions possède des caractéristiques particulières qui le rendent tout spécialement adapté ou inadapté à cette tâche?
- v/) Est-ce qu'il se fait beaucoup de contrôles et de corrections pendant la traduction?

Figure 5
Rendement de la programmation

Degré dans la difficulté		Durée		
		6 mois	12 mois	Plus de 24 mois
Col. facile	1	20	500	10 000
		Très peu d'interactions		
Col. moyen	2	10	250	5 000
		Quelques interactions		
Col. difficile	3	5	125	1 500
		Instructions par jour-homme		
		Instructions par mois-homme		
		Instructions par année-homme		
		Plusieurs interactions		

Source : J. D. Aron

que l'élaboration de programmes. Il s'impose généralement pour toute catégorie d'application, tels les services de réservation des sociétés aériennes, où les utilisateurs doivent avoir accès à des données et des programmes imprévisibles.

Le travail incessant pour mettre au point des compilateurs de plus en plus puissants et adaptables, et pour fournir au programmeur des moyens de déceler et de localiser en moins de temps les erreurs de programmation, a eu un effet bénéfique sur les coûts de la programmation et devrait avoir de plus grandes répercussions encore à l'avenir.

b) *Réductions dans le coût de la programmation*

Les coûts de programmation, redisons-le, n'ont pas diminué aussi vite que prévu. Cela est attribuable, entre autres, à une hausse des traitements et aux frais généraux élevés de l'administration et de la documentation en ce domaine; ces facteurs ne rendent pas entièrement compte toutefois de la persistance des coûts élevés.

Le taux de la diminution des coûts semble faible, mais il faut dire qu'il est difficile de trouver des programmes d'une égale complexité comme base de comparaison. La complexité moyenne des programmes s'est beaucoup accrue sans doute au cours de la décennie. Nous devons à J. D. Aron³⁰ la figure 5 présentant la chronologie des coûts de programmation pour un certain nombre de grands ordinateurs IBM. L'auteur a contrôlé ces chiffres par des comparaisons avec des appareils d'autres marques. Il s'agissait à la fois d'études et d'applications. M. Aron note que les chiffres ont la même valeur en 1969 qu'en 1960. Les coûts des programmes n'auraient donc pas diminué dans l'intervalle. Il y a à cela plusieurs raisons :

- Les perfectionnements dans le dépiçtage des erreurs n'ont guère eu d'effet sur l'élément principal des coûts de démarrage pour les grands programmes, qui sont occasionnés par l'interaction des parties de programme de sources différentes.
 - Des programmeurs sans formation s'engagent dans le domaine à un rythme tel que la possibilité de mettre à profit la technique de programmation ne s'améliore pas.
 - Les programmeurs n'acquièrent pas de meilleures méthodes.
- M. Aron estime que le dernier facteur est le plus important.

³⁰J. D. Aron, « Estimating Resources for Large Programming Systems », *Software Engineering Techniques*, rapport sur la conférence parainée par le NATO Science Committee, Rome, Italie, 27 au 31 octobre 1969, Scientific Affairs Division, N.A.T.O., Bruxelles 39, Belgique, avril 1970, pp. 68-79.

compagnies. Il est à prévoir que les organismes de normalisation travailleront d'ici quelques années à un langage machine en mettant à profit quantité des éléments communs aux langages qui servent déjà.

Troisième facteur d'amélioration, les fabricants offrent à titre gracieux ou à des prix minimes des collections croissantes de sous-programmes, de services et de moyens auxiliaires de programmation. Leur éventail s'étend entre de grands ensembles pour l'analyse statistique et la programmation mathématique, d'une part, et les sous-programmes, programmes complexes de mise à jour, de tri et de fusion, d'autre part. On a créé des milliers de programmes dans ces catégories, mais la plupart ne sont guère appliqués bien qu'ils puissent exécuter à peu près le même travail que bien d'autres. Le plus difficile dans ce domaine est de trouver des moyens efficaces de coordonner et de diffuser l'information sur ce qui existe déjà pour toute tâche donnée. À mesure que l'industrie progresse, cette situation devrait s'améliorer graduellement; les répertoires de programmes éprouvés se multiplieraient.

Notons ici que faire passer un programme d'un milieu à un autre pose une difficulté. Même en langage d'usage large diffusion que le Cobol ou le Fortran, les programmes symboliques ne passent pas aisément d'une machine à l'autre; s'ils sont établis en d'autres langages, le problème est plus aigu. Il se fait beaucoup de recherche pour remédier à cette situation et en particulier pour aplanir les complications liées à des différences de milieu. La General Services Administration du gouvernement fédéral américain cherche à stabiliser le langage de la programmation. Elle exige que toute programmation achetée par son entreprise soit établie dans l'un des langages communs pour lesquels il existe des normes.

Le temps partagé entre pour beaucoup aussi dans les progrès réalisés en technologie de programmation. Au point de vue du programmeur, cette formule permet de s'assurer, sur demande, une part appropriée dans l'utilisation d'un ordinateur (tranches de temps de l'unité centrale, ressources de la mémoire, moyens de programmation, etc.) afin de progresser à un rythme correspondant aux possibilités du programmeur et non limité par la difficulté d'accès à un ordinateur. Les efforts pour mesurer les gains de productivité chez le programmeur sont demeurés sans résultat jusqu'ici; cela tient surtout à de grands écarts entre les talents naturels des programmeurs. Le partage du temps d'ordinateurs entre plusieurs usagers entraîne des frais généraux particuliers. Les partisans du temps partagé considèrent la perte d'efficacité dans l'exploitation de l'ordinateur comme plus que compensée par les gains de rendement en programmation. Le temps partagé a beaucoup d'autres applications

Frost et Sullivan²⁹ estiment que le coût par instruction d'un programme moyen a diminué de 25 p. 100 depuis dix ans et qu'il pourrait bien baisser autant dans les dix prochaines années. Certes, il ne s'agit pas là de réductions considérables dans les coûts de programmation, mais il faut dire que la technique de programmation s'est beaucoup perfectionnée et que d'autres progrès importants sont à prévoir. Nous examinerons ci-après pour quelles raisons les coûts ne s'en sont pas ressentis, mais tout d'abord nous allons exposer quelques facteurs des progrès réalisés en programmation.

a) *Perfectionnements aux techniques de programmation*

Il faut citer tout d'abord l'emploi de langages plus étendus et plus concis. L'un des meilleurs est l'APL (A Programming Language) ; il réduit à une proportion se situant entre le dixième et le centième, en général, voire au millième en certains cas, la longueur des programmes que l'utilisateur doit élaborer. À titre de comparaison, les programmes en Fortran sont quatre fois plus courts que les programmes correspondants des machines. Des langages spécialisés et des collections de sous-programmes peuvent même offrir en certains cas plus de possibilités de concision. Par exemple, des douzaines de langages pour divers types de simulation éparquent à l'utilisateur les détails de l'ordonnement et lui permettent de s'attacher surtout aux rapports logiques entre les éléments du calendrier de travail. Autre exemple, de grandes collections intégrées de sous-programmes destinées aux calculs de génie civil servent largement aux études de bâtiments et de routes.

L'élaboration d'un certain nombre de systèmes ou de langages que peuvent utiliser les analystes dans la définition de programmes à des degrés de précision appropriés contribue aussi à réduire les coûts de programmation. La quantité du travail exigée de l'analyste (qui indique la solution des problèmes mais qui laisse au programmeur le soin de l'appliquer) doit être tout juste suffisante pour permettre au programmeur d'exécuter sa tâche sans information supplémentaire. Nombre de compagnies ont tenté de mettre sur pied un véritable système de communication entre analyste et programmeur ; ils voulaient surtout normaliser la fonction d'analyste et l'adapter davantage à la gestion. Au Canada, le programme SCOT élaboré par la Great West Life, à Winnipeg, offre un exemple réussi de cette formule. On l'a commercialisé et il a été adopté avec satisfaction par plus de quarante

²⁹ Étude récente citée dans *Computerworld*, 22 décembre 1971.

On est un peu sceptique quant à la possibilité pour la compagnie de produire cet appareil. Toutefois la plupart des spécialistes reconnaissent qu'un modèle de laboratoire est réalisable; On doute surtout qu'une production commerciale soit possible à l'heure actuelle.

Au moment où nous allons mettre sous presse, il semble bien que l'entreprise n'a pu donner suite à ses promesses. Ses conceptions n'en démontrent pas moins les virtualités extraordinaires de la technologie informatique.

5. Des machines intelligentes

Des deux côtés de l'Atlantique, on travaille à la mise au point d'« ordinateurs intelligents », c'est-à-dire capables d'apprendre. On n'en prévoit pas la généralisation toutefois pour la décennie à venir. Depuis un certain temps on procède à la simulation pour ces appareils et des microcircuits adaptés sont en cours de production en quantités raisonnables. On soutient²⁸ qu'en combinant de grands ensembles de ces éléments adaptés avec la rétroaction électrique, on pourra réaliser des processus d'apprentissage analogues à ceux de l'homme. À l'université de Kent, en Angleterre, on a amené un ensemble de pareils dispositifs à distinguer des phonèmes consonantiques déformés et à produire, comme réponse, les sons exacts pour une fraction de ce que coûte le processus repérage et nettoyage sur ordinateur classique.

6. Programmation

La programmation entre sans doute pour une forte proportion du coût des systèmes informatiques, même s'il est difficile d'établir des chiffres exacts en la matière. Selon une règle empirique courante, le fabricant d'ordinateurs peut prévoir des dépenses à peu près égales pour la programmation et le matériel dans l'élaboration de nouveaux appareils. Par la suite le nouvel usager engagera probablement en sus, dans son effort de programmation, quelque 50 à 100 p. 100 du coût du matériel.

²⁸ Igor Aleksander, « Electronics for Intelligent Machines », *New Scientist and Science Journal*, vol. XLIX, n° 742, 11 mars 1971, pp. 554 et 555.

On prévoyait pour 1972 que le Rome Air Development Centre ferait un appel d'offres touchant un système de 4 096 mots en mémoire centrale de 288 bits, avec une mémoire rapide de réserve de 10^8 bits. Cet ensemble serait capable d'une exploration parmi ces 4 096 mots (ou d'un secteur d'entre eux) en 100 nanosecondes. Cette innovation devrait se réaliser en quatre ou cinq ans.

Les conceptions examinées en 1957 commencent à porter fruit. Toutefois, pour que le matériel à l'appui des mémoires associatives puisse se réaliser selon tout son potentiel il faudra de nouvelles méthodes et techniques de programmation et de nouvelles démarches vis-à-vis des difficultés à résoudre. En outre, ces méthodes et techniques devront être appliquées par compilateurs comportant les langages établis, de sorte que la grande majorité des usagers d'ordinateurs ne soient pas obligés à un recyclage. Ces améliorations exigeront beaucoup de temps, même si on y affecte les plus grands talents dans le domaine. On ne prévoit pas, dans ces conditions, que les systèmes à mémoire centrale associative prennent beaucoup d'importance d'ici dix ans. Il en sera peut-être autrement ensuite du fait des pressions qu'exerceraient les utilisateurs de grands fichiers.

4. L'ordinateur optique

La Laser Computer Corporation, dénommée auparavant Computer General Inc., affirme avoir créé un ordinateur optique d'un rendement qu'on peut qualifier d'extraordinaire. La première livraison de l'appareil, le CG-100, était prévue pour mai 1971, mais on ne sait plus à quelle date elle aura lieu effectivement.

Les caractéristiques détaillées de l'appareil sont sous le secret, mais on dit que la mémoire centrale serait de 10^{13} bits, avec cycle d'écriture-lecture de vingt nanosecondes. Le coût du stockage serait de l'ordre de 10^{-7} cents par bit; quant au prix d'achat, il serait de \$ 1,6 million, soit environ 10 p. 100 de celui de l'IBM 360/195 dont la mémoire serait trois cent mille fois moindre que celle du CG-100 (32,5 millions de bits)²⁷.

²⁷ Samuel Weber et Gerald Parkinson, « Optical Computer Reads Like a Dream . . . or Does He? », *Dataation*, vol. XLIV, n° 13, 1^{er} juillet 1971, pp. 81 et 82; Edith Myers, « He Dreams the impossible Dream . . . or Does He? », *Dataation*, vol. XLIV, n° 13, 1^{er} juillet 1971, pp. 52 et 53.

ordinateurs ultra-rapides, il faudra en venir à la technologie des GCI. D'ici là, les fabricants de matériel ultra-rapide pourraient bien s'abstenir de faire usage des GCI pour les circuits « critiques ». Cette situation pourrait bien se prolonger toute la décennie.

3. Incidences éventuelles du traitement associatif

Les mémoires associatives font l'objet de recherches et de perfectionnements depuis 1957. Leur principe comporte l'accès au stockage par spécifications des contenus plutôt que des adresses. Ces systèmes sont ordinairement dotés de moyens de contrôle supplémentaires permettant d'accélérer l'accès lorsque tout le stockage n'est pas visé.

Tous les termes exigeant consultation sont sollicités en même temps et tous ceux qui correspondent aux critères de la recherche actionnent un commutateur dans un registre de réponse. Par exemple, si trois cycles de machine établissent les critères de sélection, un seul autre cycle est nécessaire pour consulter l'ensemble ou une partie déterminée du stockage.

Comme les tests logiques sont exécutés essentiellement à chaque position de la mémoire, tandis que le plus souvent les mots sont lus un à un et en succession à même la mémoire et que les essais sont effectués dans l'unité centrale de traitement, chaque mot d'une mémoire associative renferme des ensembles de circuits qui lui sont propres. C'est pourquoi la mémoire associative coûte plus cher que la mémoire classique, mais elle peut exécuter beaucoup plus rapidement des opérations complexes de recherche. L'alternative en matière de coût a pour termes la durée de l'opération parallèle et l'opération en série de type classique.

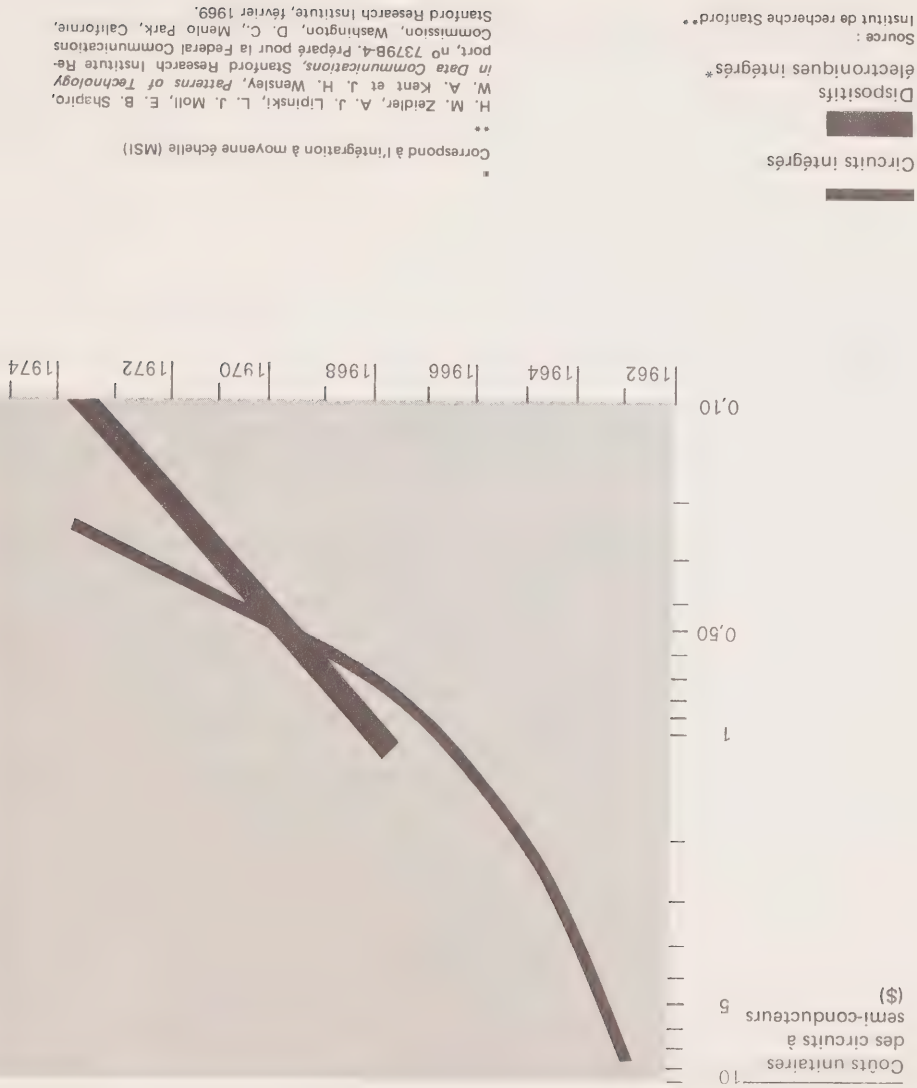
Les principaux types de mémoires associatives sont les suivants :

- mémoires tampons
- mémoires périphériques
- mémoires centrales

La mémoire tampon est d'application usuelle. L'IBM 360 (modèle 85) comporte une grande mémoire associative (jusqu'à 32 768 mots de 16 bits) ayant pour objet d'améliorer le rendement d'un appareil à mémoire centrale assez lente.

Les mémoires associatives servent aussi dans les ordinateurs de très haute vitesse pour les registres internes spéciaux et dans divers dispositifs périphériques perfectionnés, telles les unités à disques à capacités de recherche particulières. Ce genre d'application sera commun à bon nombre d'ordinateurs d'ici quatre ou cinq ans.

Figure 4
Coûts unitaires des circuits à semi-conducteurs



Les avantages du GCI tiennent surtout aux possibilités d'économie qu'il présente, mais cette formule se prête également à des réductions de volume et à des accroissements de vitesse. De sensibles améliorations dans la fiabilité du matériel compteraient aussi parmi les avantages du GCI. Notz et ses collaborateurs²³ estiment que les pannes de circuits décroissent en fréquence de dix fois tous les cinq ans depuis 1950. En réduisant de beaucoup le nombre des interconnexions externes de circuits, principales causes de pannes, le GCI maintiendra cette évolution vers une plus grande fiabilité.

Les économies sont étroitement liées à l'aptitude, chez le constructeur, à produire beaucoup, car il s'agit d'une formule technique comportant des frais considérables de mise en œuvre. La figure 4 illustre la baisse des coûts unitaires moyens des circuits à semi-conducteurs.

On estime que de 1948 à 1970 le volume des circuits électroniques a été réduit au 1/100 000. On réalise aujourd'hui des densités de 50 000 à 150 000 composants au pouce carré. Si on pouvait obtenir le même résultat au pouce cube, la densité atteindrait à peu près le quart de celle des cellules nerveuses du cerveau humain²⁴. Comme nous l'avons mentionné plus haut, Ware²⁵ établissait en 1969 à 1/10,000 le volume auquel auraient été réduits les circuits électroniques de 1955 à 1975. Comme il limite théorique de la densité des circuits électroniques, on a avancé le chiffre de 16 000 conditionneurs au pouce carré²⁶.

La densité des composants n'entraîne pas nécessairement des améliorations de vitesse. Longtemps après la présentation des circuits intégrés, ou l'annonce du CDC 7600 en 1969, on construisait toujours des ordinateurs ultra-rapides à composants séparés. C'est que ceux-ci, disait-on, se prêtaient mieux à l'assortiment et à l'indépendance dans la conception. Plus la vitesse de commutation de circuits augmente, plus la longueur des interconnexions est importante. Un signal électrique parcourt un pied en quelque 10^{-9} secondes. Pour les

²³ William A. Notz et collaborateurs, « Large Scale Integration — Benefitting the System Designer », *Electronics*.

²⁴ F. G. Heath, « Large-Scale Integration in Electronics », *Scientific American*, vol. CCXXII, n° 2, février 1970, pp. 22-31.

²⁵ Willis H. Ware, *On Limits in Computing Power*.

²⁶ H. M. Zeidler, A. J. Lipinski, L. J. Moil, E. B. Shapiro, W. A. Kent et J. H. Wensley, *Patterns of Technology in Data Processing and Data Communications*, rapport 7379B-4 du Stanford Research Institute, établi pour la Commission fédérale des Communications, Washington, Menlo Park, Californie, Stanford Research Institute, février 1969.

offertes en 1969 (de 5 à 6 millions d'instructions par seconde). Ces prévisions sont indiquées dans la partie supérieure de la figure 3.

2. Les incidences des grands circuits intégrés (GCI)²¹

Les ordinateurs, pour l'exécution de leurs fonctions logiques, sont passés en succession rapide des tubes (première génération) aux transistors (deuxième génération), puis aux circuits intégrés (troisième génération) pour s'orienter vers les circuits intégrés de moyenne et de grande dimension.

L'évolution vers les GCI a été plus lente que prévu, mais elle est manifeste de toute façon. Les premières applications importantes concernent les mémoires électroniques, celles-ci consistant généralement en grands ensembles de jeux identiques de composants. La technologie des GCI va mettre du temps à s'imposer dans les centres de traitement, car il est difficile de fournir à chaque créateur d'ordinateurs, à un prix raisonnable, un circuit conforme à ses spécifications.

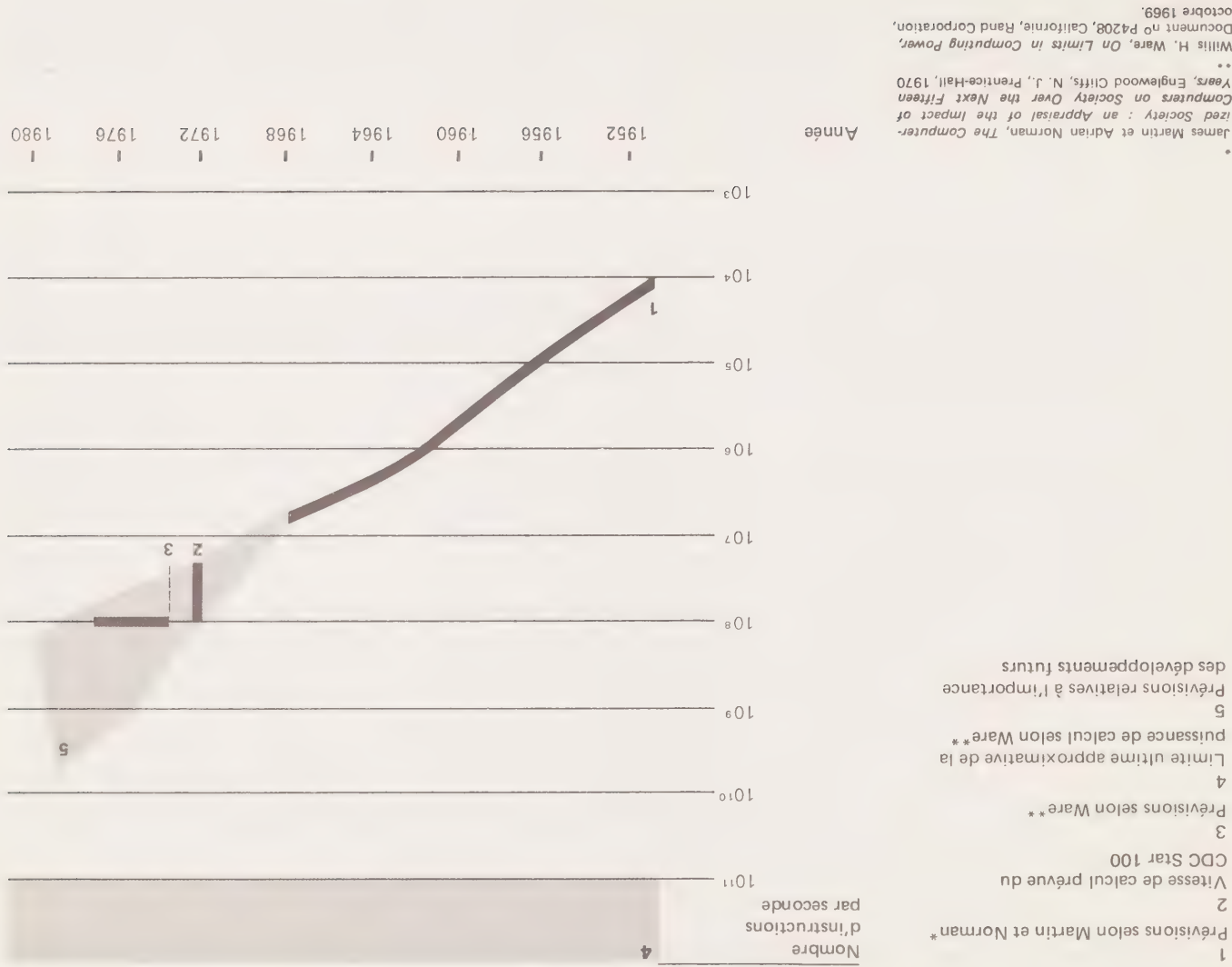
Des techniques particulières de câblage, élaborées d'abord comme moyen d'améliorer le rendement²² dans la fabrication des GCI par le changement automatique des interconnexions de circuits sur pastilles isolées pour contourner les composants défectueux, peuvent assurer au créateur la souplesse qu'il désire.

Il est probable aussi que les principes et les attitudes du design changeront lorsqu'il coûtera beaucoup moins cher de s'adapter à la pastille de GCI — lente et de capacité excessive sans doute — que d'employer un plus petit nombre d'éléments actifs pour construire un appareil de calcul à circuits intégrés, plus efficace mais beaucoup plus coûteux.

²¹ Les circuits intégrés sont des dispositifs électroniques grâce auxquels un circuit entier : transistors, résistances, condensateurs et interconnexions, est monté sur une pastille de silicium. Le GCI comporte le montage simultané de 100 ou plus de ces circuits sur une seule pastille.

²² Le terme *rendement* désigne ici le pourcentage des bons appareils dans l'ensemble de la fabrication. Pour réaliser des rendements acceptables, il faut que le milieu soit contrôlé de très près.

Figure 3
Augmentation du rendement des ordinateurs rapides



Le Star comporte un type d'organisation dit traitement en série, qui présente une certaine analogie avec une chaîne de montage de voitures. Chaque instruction s'exécute en 1,28 microseconde, mais exige toutefois quelques étapes. Pour qu'une nouvelle opération puisse s'engager, il faut que l'instruction précédente ait franchi la première étape. Par conséquent, le débit est très fort (jusqu'à cent millions de multiplications par seconde) si toutes les opérations sont du même type. D'autre part, si le type d'instruction change, toute la chaîne doit d'abord être libérée.

L'ILLIAC IV comprend quelques organes de traitement distincts qui fonctionnent parallèlement pour réaliser ces hautes vitesses. Le premier appareil en comptait seize. Mais, un peu comme le Star, il ne peut offrir l'avantage du traitement parallèle que si toutes les instructions sont du même type : par exemple, des additions en virgule flottante. Mentionnons aussi que le Star a jusqu'à quatre chaînes parallèles, bien qu'on le considère couramment comme l'archétype de l'ordinateur de traitement en série.

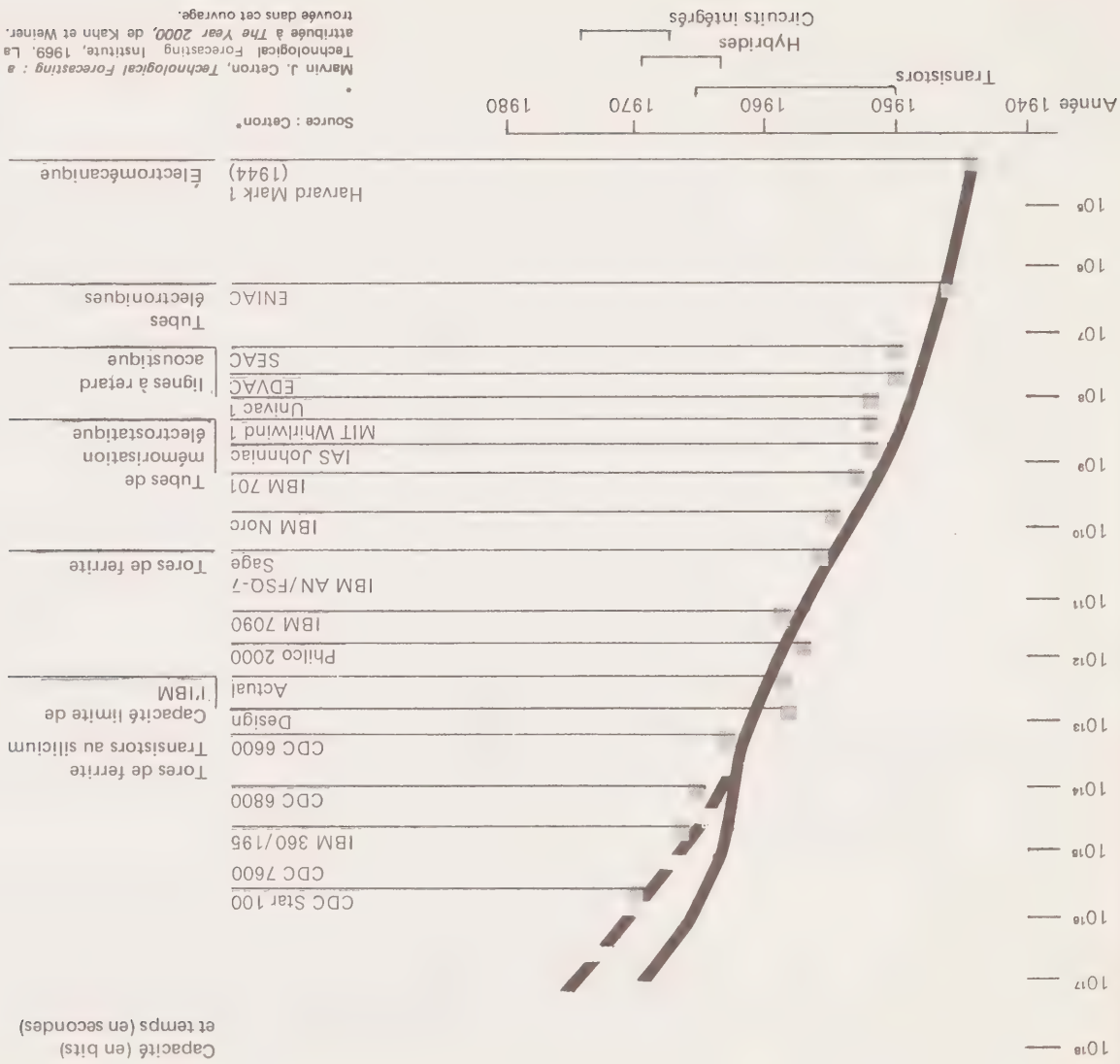
Sans aucun doute le caractère répétitif que supposent, pour être avantageux, les organes de traitement parallèles est propre à bien des catégories de problèmes, mais beaucoup ne le possèdent pas. De plus, pour accroître l'efficacité de ces organes de traitement, il faudra une programmation adaptée à eux. Il reste à déterminer dans quelle mesure cela est possible.

En somme, on peut prévoir un fléchissement dans le taux de progression de la vitesse des ordinateurs. Toutefois, cela ne devrait pas se répercuter gravement sur la tendance aux très grandes installations (comportant plusieurs ordinateurs), car on peut réaliser des économies grâce aux machines échappant aux effets de la loi de Grosch par l'utilisation commune de grands périphériques, par une réduction du personnel nécessaire et par un taux d'exploitation plus élevé, etc.

Les limites ultimes de la puissance de calcul font l'objet de conjectures. Selon Ware²⁰, les machines devraient fonctionner vers 1975 à un rythme de 10⁹ opérations à la seconde; et ultimement l'ordinateur pratique sera poussé à des vitesses de 10 000 à 100 000 fois celles

²⁰ Willis H. Ware, *On Limits in Computing Power*.

Figure 2
Diffusion des grands ordinateurs



Les courbes de la figure 1 donnent quand même une bonne indication des baisses étonnantes de prix des ordinateurs réalisées au cours des quinze dernières années, même si les valeurs absolues sont sujettes à caution et difficiles à interpréter.

1. Quelles dimensions les super-ordinateurs atteindront-ils ?

La prochaine décennie verra une accélération constante dans le fonctionnement des super-ordinateurs, mesuré en instructions à la seconde¹⁷. Les laboratoires ont déjà élaboré la technologie nécessaire pour réaliser une nouvelle augmentation de vitesse du même ordre.

La figure 2 indique la diffusion des grands ordinateurs¹⁸.

Pour mesurer la puissance de calcul, on s'est alors fondé sur le produit de la vitesse de calcul et de la capacité de mémoire des plus grands ordinateurs de chaque période. Trois points ont été ajoutés au schéma d'origine pour le mettre à jour (CDC 7600, IBM 360/195 et Star 100). D'après cette méthode, le rythme d'augmentation se serait tassé ces derniers temps.

La figure 3 consiste dans un diagramme illustrant la puissance de calcul d'après le nombre des instructions à la seconde¹⁹.

Une extrapolation en ligne droite à partir de ce graphique serait trop favorable, semble-t-il, car les ordinateurs Star et ILLIAC IV se classent bien au-dessus de cette ligne. Il est possible néanmoins que le taux de progrès observé se maintienne.

¹⁷ James Martin et Adrian Norman, *The Computerized Society : an Appraisal of the Impact of Computers on Society over the Next Fifteen Years*, Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, 1970.

¹⁸ K. E. Knight, « Changes in Computer Performance », *Datamation*.

¹⁹ James Martin et Adrian Norman, ouvrage cité.

présent document¹². Les valeurs relatives elles-mêmes ont été tirées d'un calcul portant sur plus de trois cents ordinateurs. La courbe 2 rend compte des chiffres donnés par l'Auerbach Corporation¹³ pour un ordinateur capable de 10 000 opérations à la seconde, c'est-à-dire un appareil lent. La courbe 3 illustre une prédiction d'Armer, citée par Kimbel¹⁴, voulant que le coût de la puissance brute de calcul ait diminué de dix fois tous les quatre ans et continue d'évoluer ainsi. La prédiction d'Armer a été normalisée elle aussi à 5×10^6 instructions pour un dollar en 1964. Cette approximation concorde bien avec l'estimation de Willis Ware (Rand Corporation) figurée par la courbe 4¹⁵ et voulant qu'en 1975 le coût du calcul ait été réduit de 200 000 fois par rapport à 1955. Ware a aussi prédit que la capacité installée aura augmenté de 160 000 fois dans le même laps de temps, et que ce phénomène se sera accompagné d'une diminution de taille de 10 000 fois et d'un accroissement de vitesse de 40 000 fois.

Enfin, nous voyons, à la courbe 5, les diminutions, déjà acquises ou prévues, dans le coût des composants électroniques de l'ordinateur, converties en instructions au dollar par Notz et ses collaborateurs¹⁶.

Étant donné la grande diversité des ordinateurs actuellement sur le marché et leur adaptation à des tâches particulières de toutes sortes, il est difficile de concevoir comment mesurer la puissance de calcul d'une façon satisfaisante et commode. Les procédés mis en œuvre par Knight ne sont plus pratiques, sauf pour certaines catégories d'appareils. C'est pourquoi il a refusé lui-même de mettre ses méthodes à jour pour les ordinateurs lancés depuis 1967.

¹² K. E. Knight, « Evolving Computer Performance 1963-1967 », *Datamation*.

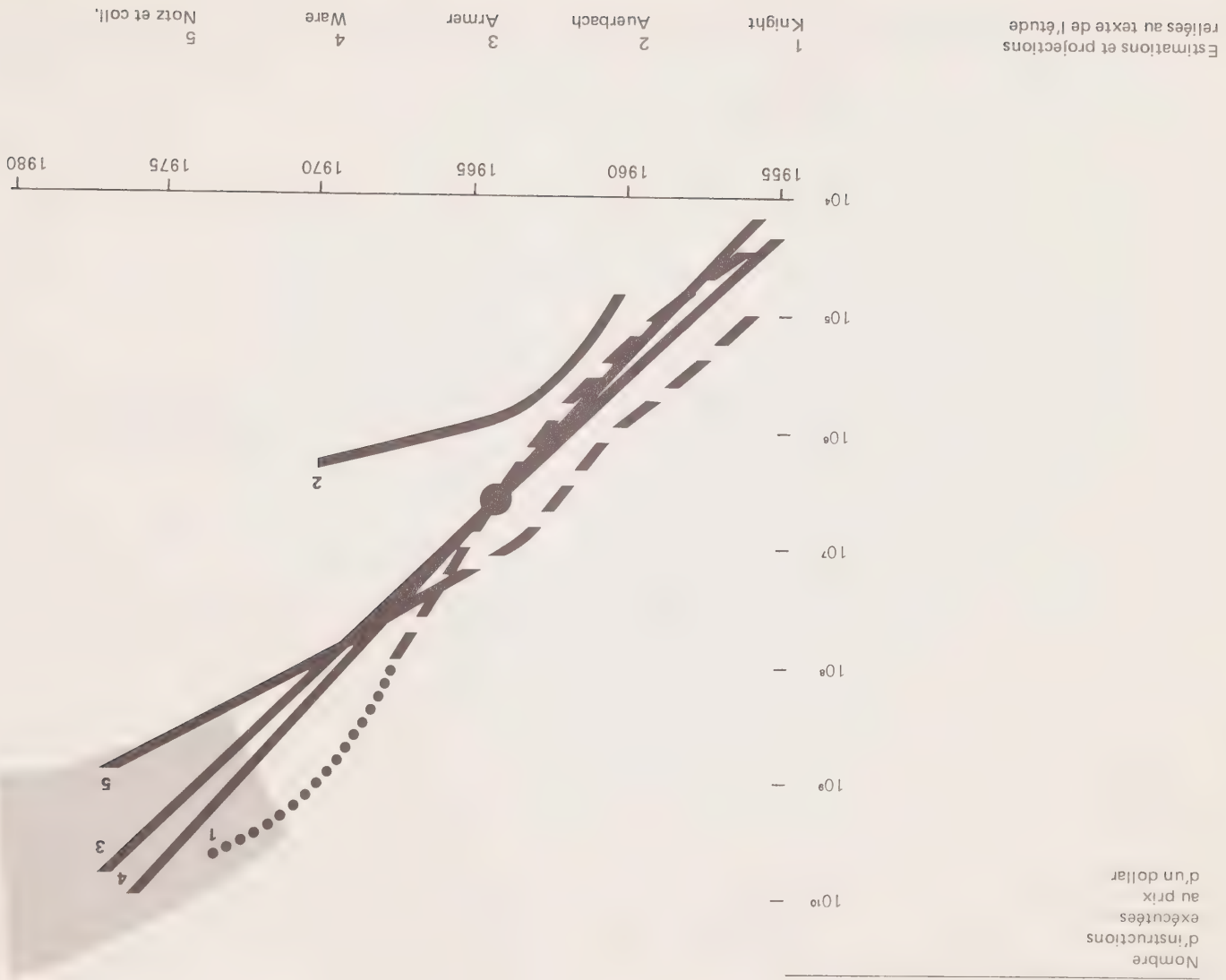
¹³ Auerbach Technology Evaluation Service, ouvrage cité.

¹⁴ Dieter Kimbel, *Computers and Telecommunication — economic, technical and organizational issues*, publication de l'O. C. D. E. n° DAS SP8 71.63, Paris, le 24 novembre 1971, CONFIDENTIEL, pp. 51 et 52.

¹⁵ Willis H. Ware, *On Limits in Computing Power*, document n° P4208, Californie, Rand Corporation, octobre 1969.

¹⁶ William A. Notz, E. Schischka, J. L. Smith et M. G. Smith, « Large Scale Integration — Benefitting the System Designer », *Electronics*, vol. XL, n° 4, 20 février 1967, pp. 130-133.

Figure 1
 Nombre d'instructions par
 dollar pour une année donnée



Solomon¹⁰ a fait des recherches sur les économies d'échelle offertes par les ordinateurs de la série IBM 360. Il a constaté que cette loi est d'une exactitude étonnante, sauf pour les programmes fortement axés sur les entrées et sorties. L'auteur ajoute qu'une enquête a permis de découvrir des économies supplémentaires dans le cas des grandes installations au chapitre des traitements versés au personnel.

La figure 1 illustre des améliorations de rendement de l'ordinateur d'après le nombre d'instructions exécutées au prix d'un dollar. Plusieurs courbes de sources différentes y sont tracées. On voit par là qu'il n'y a guère accord sur le coût d'exécution d'une instruction pour une année donnée. C'était à prévoir, car les coûts varient considérablement selon le type d'ordinateur, la configuration du matériel et les applications. On s'entend assez bien sur la pente de la courbe; toutefois, Auerbach¹¹ incite à croire que la hausse de rendement est un peu plus lente pour le matériel relativement lent qui a été étudié. D'une manière générale, le rythme de progrès des ordinateurs ne devrait pas dépasser celui des circuits logiques (courbe 5), élément primordial de l'ordinateur. Il est donc improbable que les fortes pentes des courbes 3 et 4 puissent se prolonger longtemps. Le graphique fait bien ressortir les énormes réductions des coûts réalisées ces quinze dernières années, qui sont de l'ordre d'environ vingt mille fois.

La courbe 1 correspond à l'amélioration cumulative signalée par Knight. On l'a extrapolée en fonction des progrès de la décennie à venir, selon une prévision « optimiste ». Les chiffres de Knight résultant de cette opération n'ont pas de valeur absolue; ils ont été « normalisés » à 5×10^6 instructions par dollar en 1964, suivant une estimation fournie ailleurs dans le

¹⁰ Martin B. Solomon, *Some Computer Economics : Economies of Scale*, procès-verbaux de la conférence du Data Processing Institute, Ottawa, 1971, pp. 223-229.

¹¹ Auerbach Technology Evaluation Service, *Computer Software*, EDP Series, n° 7, Philadelphia, Pennsylvania, Auerbach Information, 1971.

• Les adeptes des super-ordinateurs affirment que la fiabilité est de réalisation plus facile dans les grandes installations, le matériel étant en double et l'entretien étant exécuté avec soin. On peut aussi y assurer plus économiquement la protection des fichiers et des machines en cas d'émeute ou de révolution. (Par contre, la centralisation de tant de données et de puissance de calcul fait du super-ordinateur une cible toute désignée, advenant une activité révolutionnaire.)

Tout bien considéré, la demande de super-ordinateurs devrait croître plus vite que celle du matériel moyen.

On verrait se multiplier simultanément, fait plus remarquable encore, les terminaux intelligents contrôlés par mini-ordinateurs. Il est à prévoir aussi que ces terminaux dégageront de plus en plus le grand centre de traitement des tâches ordinaires, dont le contrôle des télécommunications.

À la figure 8 de *L'Arbre de vie* (volume 1)⁸, on trouvera les chiffres relatifs à la diffusion effective ou prévue des ordinateurs de toutes dimensions.

On doit à Knight⁹ l'ouvrage le plus réputé sur la relation entre le coût et la taille de l'ordinateur. Son étude a été effectuée vers 1965, époque où la loi de Grosch était soumise à de dures attaques. L'auteur a non seulement démontré que cette loi s'appliquait avec exactitude à n'importe quelle année, mais que le nombre des opérations exécutées au prix d'un dollar avait augmenté à un rythme phénoménal.

• Certes, il peut être important que les programmeurs se trouvent près de ceux dont ils exécutent les tâches, mais il n'en découle plus que l'ordinateur doit être installé dans les mêmes bureaux. Une large gamme de terminaux de télégestion aux possibilités nombreuses est à la disposition des programmeurs. Et on prévoit que cette gamme s'élargira encore.

⁸ Rapport du Groupe d'étude sur la téléinformatique au Canada, *L'Arbre de vie*, ministère des Communications, Ottawa, Information Canada, 2 volumes, mai 1972.

⁹ K. E. Knight, « Changes in Computer Performance », *Datamation*, vol. XII, n° 9, septembre 1966, pp. 40-54 et « Evolving Computer Performance 1963-1967 », *Datamation*, vol. XIV, n° 1, janvier 1968, pp. 31-35.

- de ses opérations. Il ressort de ces problèmes que les utilisateurs désireront un ordinateur à eux.
- Posséder un ordinateur est une source de prestige ; c'est pourquoi les entreprises et les services réclament leur centre de calcul tout en invoquant des raisons d'un autre ordre à l'appui de leur demand.
- Étant donné l'extrême importance de bonnes communications entre les programmeurs et les promoteurs d'une tâche, il est essentiel que l'ordinateur soit installé dans les locaux mêmes de l'entreprise.

Voici quelques-uns des arguments positifs ou négatifs avancés par les partisans des super-

ordinateurs :

- Les façonniers ne peuvent offrir à un degré suffisant la sécurité des fichiers ; la plupart des utilisateurs souhaiteront donc se doter d'un ordinateur interne qui leur assure cette protection. Peu d'utilisateurs ont l'importance que suppose un super-ordinateur particulier.
- L'utilisateur qui ne possède pas son propre ordinateur ne peut être sûr que les tâches urgentes recevront l'attention nécessaire ; d'une manière très générale, il est à la merci du fournisseur de services informatiques dans un secteur essentiel
- La loi de Grosch vaut toujours, du moins pour une autre génération d'ordinateurs. Tout en reconnaissant que les monteurs de la troisième génération n'ont pas donné satisfaction — ils absorbent en général de 25 à 50 p. 100 du temps de l'unité centrale — les partisans du super-ordinateur soutiennent que la leçon a été comprise et que pour les nouveaux ensembles géants le gros des tâches de contrôle appartiendra à des appareils périphériques plus petits ou à du matériel spécialisé. En outre, les économies d'échelle demeureront.
- Les frais de télécommunications devraient diminuer plus lentement que ceux de l'informatique ; toutefois, si les installations étaient mieux adaptées à la télétransmission de données, ils pourraient être réduits sensiblement. De plus, bien des centres urbains ont, dans le domaine du calcul, des besoins propres à combler l'appétit de la prochaine génération de super-ordinateurs ; ainsi, il pourrait s'agir uniquement de télétransmission locale à bas tarif pour la plupart des utilisateurs.

- La plupart des façonniers défendent chaudement le caractère sacré — ou virtuellement sacré — de l'information qu'ils traitent ou conservent. Ils soutiennent que le problème que poserait censément la sécurité des données est plus psychologique que réel et que les rares possibilités de fuite pourraient, au besoin, être éliminées à peu de frais, mais, admettent-ils, ce supplément répugne d'habitude au client. De fait, les façonniers ont généralement de meilleures méthodes que leurs clients en matière de sécurité de l'information.
- Évidemment celui qui possède un ordinateur en détermine l'utilisation à son gré. Les partisans du super-ordinateur le reconnaissent, mais voient là un luxe accessible à un petit nombre seulement. Et selon eux, avec différences de tarif et temps priorités pour le travail, le service dont il a besoin en peut assurer à l'utilisateur le service dont il a besoin en assumant, s'il y a lieu, des obligations contractuelles.
- L'argument du prestige associé à la possession d'un ordinateur est contre par l'énoncé voulant que des méthodes désuètes entraînent vite le discredit dans le milieu des affaires.

Dans le domaine du matériel informatique, il est une nouvelle formule dont l'avvenir est assuré, soit celle du mini-ordinateur. À mesure que son prix diminue, ses applications rentables se multiplient. L'appareil se prête à une grande diversité de tâches : contrôle industriel, composition typographique, surveillance médicale électronique, direction de la circulation routière, traitement de données usuelles dans la petite entreprise, contrôle des communications, contrôle « intelligent » des terminaux à distance et contrôle périphérique des grands centres de calcul. On peut maintenant se procurer un mini-ordinateur pour moins de \$ 3 000 (sans périphérique), et les prix continueront certainement de baisser.

Les fabricants de super-ordinateurs devront lutter sans cesse davantage pour s'assurer une part du commerce des appareils de moyenne et de grande taille. Il est peu probable que ceux-ci soient évincés un jour, on aura toujours besoin des deux catégories d'appareils et, tout compte fait, le marché des ordinateurs géants devrait se développer plus vite. Nous reproduisons ci-après les points de vue positifs ou négatifs à l'origine de cette hypothèse⁷.

Voici quelques-uns des arguments en faveur des moyens et grands ordinateurs :

- La loi de Grosch ne se confirme pas : le potentiel de calcul ne quadruple pas chaque fois que doublent les dépenses en matériel informatique, c'est, pour une bonne part, que les frais généraux de contrôle de la programmation atténuent les progrès en vitesse du matériel, voire les neutralisent complètement, selon certains.
- Les frais de calcul diminueront beaucoup plus vite que ceux des télécommunications; ceux-ci formeront donc une proportion toujours croissante des frais des opérations de calcul à distance, lesquels restreindront gravement le rayon d'exploitation des centres d'accès à distance.

⁷ William D. Smith « Future of the Computer is Assessed », *New York Times*, le 5 août 1971, pp. 45 et 50, où on rend compte de la même conclusion en l'attribuant à F. G. Whittington d'Arthur D. Little Inc., *Computer Based Services of the Seventies*, Réseau téléphonique transcanadien, Ottawa, juillet 1971.

Notons finalement que de nouvelles conceptions de la programmation ont déjà cours dans l'étude et l'exploitation de nouveaux systèmes de commutation électronique ; des programmes de contrôle de la commutation sont adoptés par les sociétés exploitantes pour leurs réseaux de télécommunications à fréquence vocale. On peut déjà constater la jonction entre les technologies de l'ordinateur et des télécommunications.

Tableau 1 (suite)

Principales inventions et innovations dans l'industrie des ordinateurs
(A = théorie, B = première application, C = première application commerciale)

Description	Type, pays et année	Firme ou individu concerné	Remarque
14. Multiprogrammation	C. États-Unis 1960	Honeywell	Ordinateur H800
	C. Royaume-Uni 1962	Ferranti	Aucun rapport développements isolés
15. Langage COBOL	B. États-Unis 1960	Ministère de la Défense	
	C. plusieurs pays après	La plupart des manufacturiers	
16. Famille d'ordinateurs	B. États-Unis 1955	Armée américaine	Plan FIELDATA
	États-Unis 1963-	IBM, Honeywell, RCA	Séries IBM 360, séries CDC 3000 et 6000
	1964	GE, CDC	Séries Honeywell H 200, séries RCA Spectra 70
17. Partage du temps	B. États-Unis 1964	MIT, Collège Dartmouth, GE	
	C. États-Unis 1966	GE, et plusieurs gros manufacturiers américains (IBM, CDC, etc.)	

Tableau 1 (suite)

Principales inventions et innovations dans l'industrie des ordinateurs
(A = théorie, B = première application, C = première application commerciale)

Description	Type, pays et année	Firme ou individu concerné	Remarque
7. Microprogrammation	<div> <div>A. Royaume-Uni</div> <div>1948</div> <div>Université de Manchester</div> </div> <div> <div>B. États-Unis</div> <div>1948</div> <div>IBM (J. Backus), Marine américaine (G. Hopper)</div> </div>		<div> <div>Rapports étroits</div> </div>
8. Premier programme (A2)	<div> <div>B. États-Unis</div> <div>1951</div> <div>Marine américaine (G. Hopper)</div> </div>		<div> <div>Tard dans les années 40 — Grace Hopper</div> <div>au Royaume-Uni</div> <div>UNIVAC I : Premier ordinateur ayant un compilateur</div> </div>
9. Langage du Fortran	<div> <div>B. États-Unis</div> <div>1953</div> <div>Association des utilisateurs d'IBM</div> </div> <div> <div>C. États-Unis</div> <div>1954</div> <div>IBM</div> </div>	<div> <div>Premier compilateur FORTRAN par J. Backus de l'IBM</div> </div>	
10. Imprimante cylindrique à haute vitesse	<div> <div>C. France</div> <div>1954</div> <div>Bull</div> </div>		<div> <div>Première application du principe à la</div> <div>voile en imprimerie.</div> </div>
11. Mémoire à tores à ferrite	<div> <div>A. États-Unis</div> <div>1955</div> <div>MIT (Lincoln Laboratory)</div> </div> <div> <div>B. États-Unis</div> <div>1956</div> <div>Remington Rand, alors IBM</div> </div>	<div> <div>Travail important fait à Harvard</div> </div>	<div> <div>UNIVAC 1103A, IBM 704 et 705</div> </div>
12. Ordinateurs transistorisés	<div> <div>A. États-Unis</div> <div>1947</div> <div>Bell Canada</div> </div> <div> <div>B. États-Unis</div> <div>1956</div> <div>Bell Canada</div> </div> <div> <div>C. États-Unis</div> <div>1958</div> <div>Philco, IBM, GE</div> </div> <div> <div>Royaume-Uni</div> <div>1959</div> <div>Elliot</div> </div> <div> <div>Allemagne</div> <div>1959</div> <div>S. E. L.</div> </div>	<div> <div>Découverte de l'effet transistor</div> <div>Ordinateur Leprechaun</div> <div>Philco 2000, IBM 7090, système ERMR</div> <div>Elliot 803</div> <div>ER56 computer (S. E. L. est tributaire de l'ITT américaine)</div> </div>	
13. Langage ALGOL	<div> <div>B. Plusieurs pays</div> <div>1958</div> <div>ADM (É.U.) et GMM (Allemagne)</div> </div> <div> <div>C. Tous les pays</div> <div>1958</div> <div>Plusieurs manufacturiers</div> </div>	<div> <div>ALGOL fut développé conjointement par des spécialistes européens et américains</div> <div>assemblé à Zurich, Suisse, Dijkstra écrit le premier ALGOL à Dijkstra, Pays-Bas. Ce système fut par la suite adopté par la plupart des manufacturiers, et est très répandu en Europe et aux États-Unis.</div> </div>	

Tableau 1
Principales inventions et innovations dans l'industrie des ordinateurs
(A = théorie, B = première application, C = première application commerciale)

Description	Type, pays et année	Firme ou individu concerné	Remarque
1. Théorie générale des ordinateurs	A. France 1936 Allemagne 1936 Royaume-Uni 1937	L. Couffignal K. Zuse A.M. Turing	Inconnu à l'extérieur de la France Aucune publication — Inconnu Influence relative
2. Premier ordinateur électronique	B. Allemagne 1941 États-Unis 1946	K. Zuse J.P. Eckert et J.W. Mauchley	Ordinateur Z3 peu connu à l'extérieur de l'Allemagne Travail important fait par ENIAC G. Stibitz à Bell Canada (1940) H. Aiken et IBM à Harvard (1944) et V. Bush à MIT (Fin des années 30 et commencement des années 40) UNIVAC I
3. Programme enregistré sur la mémoire interne	A. Royaume-Uni 1937 États-Unis 1946 B. Royaume-Uni 1948 C. États-Unis 1949 1951	A.M. Turing J. von Neumann (Univ. de Pennsylvanie) Univ. de Manchester Univ. de Cambridge Remington Rand	MADM Échanges nombreux entre les EDSAC États-Unis et le Royaume- UNIVAC 1 Uni
4. Concept des sous-programmes	A. Royaume-Uni 1937 États-Unis 1946	A.M. Turing J. von Neumann	
5. Mémoire lecturelle	A. — B. États-Unis 1946 C. Plusieurs pays 1949	— J.P. Eckert et J.W. Mauchley La plupart des manufactures	Mémoire lecturelle en usage dans les échanges téléphoniques automatiques Ordinateur ENIAC. Enregistrement limité l'information
6. Concept de la mémoire associative	A. États-Unis 1946 B. Royaume-Uni 1952 C. États-Unis 1965	V. Bush Ferranti IBM	ATLAS 360-67 Possibilités non encore exploitées de mémoires associatives

rendre économiques une technologie d'ordre numérique. Une partie de celle-ci, notamment la modulation par impulsions codées, est suffisamment au point, s'étant déjà révélée avantageuse pour la transmission de la voix. Les progrès que connaissent les applications informatiques appellent une technologie et une rentabilité complémentaires en télétransmission de données.

Dans une vue d'ensemble sur la téléinformatique, on ne saurait laisser de côté la question de la programmation. La principale source de réduction des coûts se rattache probablement au stockage des données, mais elle-même serait liée à la programmation. D'ici une dizaine d'années, la proportion croissante des dépenses au chapitre de l'écriture programmation incitera à trouver des méthodes plus efficaces pour leur élaboration.

Parmi les objectifs manifestes, citons une plus grande souplesse de la programmation et, par voie de conséquence, des possibilités accrues d'utilisation. Cette évolution, qui s'accompagne de la tendance à grouper tous les éléments mécanographiques dans un seul appareil, devrait entraîner une plus grande modularité de la programmation. Les langages et les instructions machine continueront de se perfectionner, réduisant ainsi la complexité des programmes. Auerbach⁶ a spéculé sur la probabilité que se réalisent les études automatisées de programme, clés d'une plus grande efficacité en ce domaine. Il y a beaucoup à faire pour abaisser les taux d'erreurs en programmation et développer la connaissance des moyens de maîtriser les interactions entre éléments de programme, si l'on veut généraliser les programmes vastes et complexes.

⁶ Isaac L. Auerbach, *Technological Forecast, 1971*, procès-verbaux du Congrès de l'I. F. I. P., Ljubljana, août 1971, Amsterdam, Pays-Bas, North-Holland, 1972, pp. 764-775.

au total dans le monde⁴. Nous reproduisons au tableau 1 un état des innovations dans le secteur informatique d'après un rapport de l'O.C.D.E.⁵

Le Harvard Mark I assurait le fonctionnement de relais électromécaniques logiques. Il suffisait de 4,5 secondes pour multiplier deux nombres de vingt-trois chiffres. Le premier ordinateur entièrement électronique, l'E. N. I. A. C., qui est devenu utilisable en 1946, était quelque deux mille fois plus rapide. L'ordinateur le plus rapide aujourd'hui, le Control Data Star 100, est capable en rendement maximum de 100 millions de multiplications de mots de 32 bits par seconde.

C'est là une cadence 500 millions de fois plus rapide que pour le Mark I et 250 000 fois que pour l'E. N. I. A. C. Depuis 1952, année où les ordinateurs ont commencé à se généraliser dans le commerce, le coût moyen d'exécution d'une instruction a diminué de 10 000 fois environ.

On peut prévoir d'autres gains aux chapitres de la vitesse et des coûts, mais à un rythme probablement amoindri. De nouvelles techniques encore à l'étape du laboratoire, tels le traitement optique, les dispositifs à effet Josephson et le traitement associatif, laissent entrevoir pour la décennie des vitesses décuplées; d'autre part, l'usage général des circuits intégrés pour la mémoire logique ou à accès rapide pourrait réduire les prix de cent fois en dix ans. Toutefois, ces possibilités ne sont pas assorties d'indication quant au moment de leur mise sur le marché. Les considérations économiques et sociales entrent aussi en ligne de compte.

La technologie de l'informatique en se développant a fait naître des besoins dans le domaine des télécommunications. Vers la fin de la décennie 60-70, les réseaux de téléphone et de télégraphe se sont engagés activement dans la voie de l'adaptation aux données de forme numérique. Ils poursuivent ce travail, soumis à des pressions pour que les données soient soustraites des réseaux à fréquence vocale. Certains utilisateurs voudraient que les réseaux de télétransmission de données se conforment à des caractéristiques de rendement que peut

⁴ A. F. I. P. S., *The State of the Information Processing Industry*, Montvale, N. J., A. F. I. P. S., 1966.

⁵ O. C. D. E., ouvrage cité.

Introduction

Dans le présent document, nous nous employons à offrir une vue d'ensemble sur la technique actuelle de la téléinformatique et sur les progrès qu'elle connaîtra probablement au cours de la décennie à venir. Notre étude se divise en deux parties, consacrées l'une aux ordinateurs et l'autre à la technologie des télécommunications. La première embrassera aussi l'évolution dans le domaine des semi-conducteurs, étant donné ses incidences sur la technologie des télécommunications.

Si nous traitons de progrès technologiques particuliers, c'est surtout pour justifier les prévisions de dépenses. Nous n'entendons pas être exhaustifs, mais nous espérons embrasser les développements majeurs.

L'époque comprise dans notre étude se termine en 1980 : nous avons cru que les appareils non encore inventés ne pourraient avoir de grandes répercussions d'ici là.

Le premier calculateur numérique réussi a été produit en Allemagne en 1941¹. Toutefois, il n'en est découlé aucun perfectionnement. Aussi le premier à attirer l'attention internationale a été le Harvard Mark I, devenu utilisable en août 1942². Parmi les prévisionnistes des débuts, l'un estimait à douze le nombre des ordinateurs nécessaires pour répondre à la demande totale des États-Unis. Ce chiffre a été porté plus tard à 50³. Or, 25 ans après, on comptait environ 50 000 ordinateurs aux États-Unis. Il y en avait 2 400 au Canada et quelque 70 000

¹ Organisation de coopération et de développement économique : Composants électroniques, Paris, O. E. C. D., 1969.

² Douglas F. Parkhill, *The Challenge of the Computer Utility*, Reading, Massachusetts, Addison-Wesley, 1966. Pour l'histoire des premiers ordinateurs, voir pp. 12-18.

³ John Diebold, *Man and the Computer, Technology as an Agent of Social Change*, New York, Frederick A. Praeger, 1969, p. 48.

Partie B

Technologie des télécommunications	54
1	
2	
3	
Commutation	74
Circuits locaux	78
4	
Les modems	81

Bibliographie 84

Les aspects technologiques de la téléinformatique



14

sept

patronné l'ALGOL 60 et la spécification de l'ALGOL 68. Ces spécifications ont été élaborées par un groupe de travail dont les membres, hautement qualifiés, avaient été choisis avec soin par le comité technique où chaque pays a un représentant.

Il faut souligner que l'I. F. I. P. ne se livre à des travaux de normalisation qu'à la demande d'organismes officiels de normalisation internationale. Lorsque la demande lui en est faite, l'I. F. I. P. forme des comités techniques spécialisés.

5. Conclusions

La technologie téléinformatique, il faut le reconnaître, présente des caractéristiques nettement internationales. C'est pourquoi il faut harmoniser les normes nationales et les normes internationales. Le Canada doit établir une véritable normalisation nationale pour participer pleinement à la normalisation internationale. Or, il y a manque de liaison entre les divers organismes gouvernementaux de normalisation, entre l'État et le secteur privé, entre le secteur informatique et les sociétés de télécommunications. Comme le développe ment technique de la téléinformatique n'en est qu'à ses débuts, cela ne présente encore aucun caractère de gravité. Le moment d'en prendre note est venu néanmoins; il faut maintenant étudier comment y suppléer par une planification conjointe de l'État et du secteur privé.

téléphone et de la télétransmission de données. Il y a au C. C. I. T. T. trois catégories de membres : les représentants des gouvernements, ceux des entreprises privées de télécommunication reconnues d'utilité publique et ceux des sociétés industrielles ou des organismes scientifiques. Seuls les représentants des gouvernements ont plein droit de vote. Le Canada est représenté par son ministre des Communications. L'Association canadienne des entreprises de télécommunications (A. C. E. T.) siège maintenant à l'U. I. T., remplaçant ainsi l'Association du téléphone du Canada, l'Association des chemins de fer du Canada et quelques organismes similaires.

L'A. C. E. T. participera aux travaux du C. C. I. T. T. et du Comité consultatif international des radiocommunications de l'U. I. T. (C. C. I. R.). La Société canadienne des télécommunications transmarines (S. C. T. T.) demeurera membre du C. C. I. R. et du C. C. I. T. T. et Télésat Canada restera membre du C. C. I. T. T., au moins quelque temps.

Des groupes d'étude spécialisés mènent les travaux du C. C. I. T. T., leur calendrier de travail est dressé par la session plénière du C. C. I. T. T. qui se tient tous les trois ou quatre ans, elle révise aussi et vote les rapports et les recommandations des groupes d'étude, autorisant ensuite des études plus poussées ou créant de nouveaux groupes d'étude. Ceux-ci travaillent beaucoup par correspondance, particulièrement pour les exposés de vues. Le moment venu, on convoque une réunion pour discuter et pour résoudre certains points litigieux. Le C. C. I. T. T. se livre actuellement à d'importants travaux touchant la télétransmission de données. Ainsi le « Spécial A » est un groupe formé pour l'étude des problèmes que pose le recours aux réseaux de télécommunications pour la télétransmission de données numériques, tout particulièrement entre ordinateurs. De même le N. R. D. est un groupe permanent de travail conjoint pour l'étude de nouveaux réseaux de télétransmission de données.

d) *La Fédération internationale du traitement de l'information*

En programmation, l'élaboration de normes sous les auspices des organismes internationaux officiels de normalisation est actuellement assez réduite. Cependant des groupes d'étude spécialisés ont été très actifs dans ce secteur, surtout en langages de programmation, mais également en d'autres domaines.

La Fédération internationale du traitement de l'information (I. F. I. P.) effectue des travaux techniques en terminologie, en programmation et vient de mettre en œuvre une étude des applications sur ordinateur. Le Comité technique de programmation de l'I. F. I. P. a

Cela représente plus de 200 000 pages de données embrassant presque tous les secteurs de la technologie.

La direction de l'Organisation internationale de normalisation est assurée par un bureau qui se compose d'un président, d'un vice-président, d'un trésorier et d'un secrétaire général; les membres du conseil sont élus pour trois ans. Les travaux de l'I. S. O. se répartissent entre les comités techniques, les divisions techniques, l'assemblée générale et un secrétariat général.

L'assemblée générale groupe les délégués désignés par les 55 organismes membres et se réunit au moins une fois tous les trois ans. Le conseil, qui se compose du président et des représentants des 14 organismes membres, est l'organe administratif de l'I. S. O. Il se réunit au moins une fois par an pour diriger les activités de l'Organisation. Le secrétariat général assure la liaison entre les organismes membres et le conseil, perçoit les cotisations, réglemente les dépenses et diffuse l'information.

Il coordonne également les activités des comités techniques établis par les organismes membres et les tient au courant des travaux entrepris par d'autres organismes internationaux. Les 150 comités techniques se composent de représentants de chaque organisme membre qui souhaite prendre part à leur activité particulière.

Lorsqu'un comité technique se met d'accord sur un avant-projet de norme internationale, le secrétariat général le soumet d'abord à tous les organismes membres, puis au conseil par voie de scrutin. Le comité technique (I. S. O. - C. T. 97) des ordinateurs et du traitement de l'information apparaît comme le plus spécialisé dans le traitement de l'information. Les travaux de l'A. C. N. O. R. se rattachent aussi cependant à ceux du comité technique I. S. O. - C. T. 95 qui s'intéresse au matériel de bureau. Le comité technique I. S. O. - C. T. 97 a publié en 1972 30 recommandations relatives à la téléinformatique. Les comités et les sous-comités techniques tiennent une réunion tous les ans, et beaucoup de leurs activités se font par correspondance. Toutefois des groupes de travail spécialisés se réunissent plusieurs fois entre les réunions des sous-comités. Les comités techniques C. T. 95 et C. T. 97 n'ont pas encore abordé l'étude d'un bon nombre de problèmes, dont les applications du PL-1 au COBOL aux éléments d'information et à la mesure des rendements.

c) Le comité consultatif international télégraphique et téléphonique de l'U. I. T.

Le C. C. I. T. T. appartient à l'Union internationale des télécommunications (U. I. T.). Il étudie la normalisation internationale des tarifs et des techniques du télégraphe, ou

exemple, dans le cas du matériel et de la programmation de l'ordinateur I. B. M. 360. Cette liberté de choix rend très difficile la normalisation du traitement de l'information.

4. Normalisation internationale

Dans les cas où les échanges internationaux sont intenses, il vaudrait mieux appliquer les mêmes normes dans tous les pays. Hélas! chaque pays a sa propre réglementation. Bien plus, des normes nationales ou propres à un groupe de pays servent à des fins économiques. C'est pourquoi l'établissement de normes internationales se heurte à de nombreuses difficultés, car il faut essayer d'harmoniser quantité d'intérêts. C'est ce que tentent de faire quelques organismes internationaux, dont nous allons exposer brièvement les activités.

a) *La Commission électrotechnique internationale*

La C. E. I. se compose de délégués des comités nationaux formés dans les 41 pays membres. Elle réunit des représentants de groupements techniques et scientifiques qui s'occupent de normalisation en électrotechnique dans leurs pays respectifs. Des comités techniques spécialisés exécutent les travaux de la C. E. I. Le secrétariat de chacun, nommé auprès d'un comité national par le comité d'action de la C. E. I., collabore avec le président et le bureau central de la C. E. I. à Genève. Les normes sont publiées en français et en anglais à titre de recommandations de la C. E. I., après approbation par au moins les quatre cinquièmes des comités nationaux membres. La normalisation en téléinformatique n'occupe qu'une place restreinte dans les activités de la C. E. I.

b) *L'organisation internationale de normalisation*

Le Comité de coordination en normalisation des Nations unies (C. O. N. N. U.) est à l'origine de la création de cet organisme, dont les travaux ont commencé en février 1947, après la ratification de son acte constitutif et de son règlement intérieur par 15 organismes nationaux de normalisation. L'I. S. O., organisme international de normalisation, englobe en 1972 les organismes nationaux de normalisation de 70 pays. L'I. S. O. vise à l'établissement d'un accord mondial sur les normes qui faciliterait le développement des échanges internationaux, l'amélioration de la qualité, l'accroissement de la productivité et la baisse des prix.

Par l'intermédiaire de quelque 1 200 organes de travail, plus de 50 000 experts répartis dans le monde entier participent aux activités de l'I. S. O., qui a publié quelque 2 000 normes.

Le National Bureau of Standards exerce une fonction de normalisation dans le domaine du calcul bien plus que dans celui de la télétransmission de données qui revient plutôt à la Commission fédérale des télécommunications, bien que celle-ci ne soit pas spécialisée. La Commission fédérale des télécommunications peut recourir aux services du Bureau of Standards, mais n'y est nullement tenue.

e) *Electronic Industries Association*

L'E. I. A. œuvre à la normalisation de l'équipement électronique. En téléinformatique, sa norme la plus connue est le RS 232, qui donne les spécifications des niveaux de tension, des combinaisons et des fonctions des broches pour l'interface entre les modems de télécommunication et les ordinateurs.

L'Association des industries électroniques du Canada se montre beaucoup moins active que l'E. I. A., son homologue américain, en normalisation des ordinateurs et des communications.

f) *Conference on Data Systems Languages*

La C. O. D. A. S. Y. L., dont la création remonte au mois de mai 1959, se compose d'un certain nombre de comités imbriqués entre eux et dont l'un, le comité du langage de programmation (P. L. C.), est exclusivement chargé de la formulation des spécifications COBOL. Bien que la C. O. D. A. S. Y. L. soit un organisme essentiellement américain, le gouvernement fédéral canadien en est membre de plein droit depuis 1966; le ministère canadien des Approvisionnements et des Services, ou plus précisément sa régie des spécifications, a fait imprimer et publier les trois derniers numéros du *Journal of Development*, qui est rédigé par la P. L. C. L'importance de la C. O. D. A. S. Y. L. est manifeste pour qui sait qu'à peu près la moitié de la programmation aux États-Unis et au Canada se fait en COBOL.

g) *Normalisation par les fabricants d'ordinateurs*

Les fabricants d'ordinateurs aux États-Unis occupent des groupes relativement importants de spécialistes qu'ils chargent d'élaborer des normes pour les appareils qu'ils construisent. Chaque constructeur dispose de beaucoup de liberté dans le choix des normes auxquelles devront se conformer les différents composants de ses ordinateurs. Les normes fixées dans les spécifications de tel type d'ordinateur sont souvent nombreuses; il en est ainsi, par

sous-comité de planification des normes et des exigences de normes (S. P. A. R. C.); il se révèle beaucoup plus actif que le C. I. P. O. M. Le comité S. P. A. R. C. a pour fonction de mettre en branle la normalisation dans les nouveaux secteurs. La désignation de ceux-ci nécessitant l'élaboration de normes constitue une tâche compliquée, d'où la création du comité S. P. A. R. C. à cette fin.

Par contre le C. I. P. O. M., comme son nom l'indique, doit établir les normes du matériel de bureau, alors qu'à l'A. N. S. I. un comité distinct des normes, le Comité X4, remplit cette fonction dans ce secteur.

c) *Normalisation dans les télécommunications aux États-Unis*

La division des lignes à grandes distances de l'A. T. T. régit un grand nombre de pratiques normatives ayant cours dans les sociétés exploitantes aux États-Unis. Cette division établit la politique technique de réseau dans toutes les liaisons entre États, ainsi que les caractéristiques de lignes de réseau. Elle est en étroites relations avec le réseau téléphonique trans-canadien (R. T. T.), mais les pratiques de la compagnie A. T. T. et celles du R. T. T. ne correspondent pas nécessairement.

d) *Le National Bureau of Standards*

Aux termes de la loi 89-306 du 30 octobre 1965 (projet de loi Brooks), le secrétaire d'État au Commerce peut « faire des recommandations au président pour l'établissement d'une normalisation fédérale du traitement automatique de l'information⁹ ». Le secrétaire d'État a délégué ces fonctions au Center for Computer Sciences and Technology, organisme qui fait partie de l'Institute for Applied Technology du National Bureau of Standards¹⁰.

Ce centre est beaucoup plus actif dans l'élaboration des normes que tout organisme canadien homologue. À titre d'exemple, signalons qu'il coordonne la participation de plus de 250 fonctionnaires fédéraux américains aux diverses activités du Comité X3; au Canada, par contre, la participation de quelque 20 fonctionnaires fédéraux aux activités du C. I. P. O. M. ne se trouve coordonnée par aucun organisme fédéral.

⁹United States Department of Communications, *Federal Information Processing Standards Index* (FIPS PUB 12), numéro au catalogue C 13.52:12, Washington, D. C. 20402, Superintendent of Documents, U. S. Government Printing Office, 1970, p. 14.

¹⁰*Ibid.*, p. 15.

représentants des producteurs ne peuvent remplir la fonction de président d'un grand comité. On qualifie de « principe du consensus » l'ensemble de ces règles conçues pour assurer une représentation équilibrée et pour résoudre les cas de votes négatifs.

Apparemment, l'American Society for Testing and Material est le plus important organisme de normalisation aux États-Unis qui se conforme au « principe du consensus ». L'énorme diversité dans le domaine des normes du matériel en est la cause. Ceci requiert naturellement un haut degré de compétence de ces dits organisme dans ce champ d'activité.

b) *American National Standards Institute*

L'A. N. S. I. a été conçu à l'origine comme point de rencontre pour tous ceux qui s'intéressent à la normalisation aux États-Unis. L'une de ses fonctions est de recevoir les projets de normes présentés par les autres organismes de normalisation et, le cas échéant, de les homologuer comme « normes américaines » après les délibérations voulues. C'est l'organisme officiel des États-Unis en matière de normalisation; il les représente aux organismes internationaux tels que l'I. S. O. et la C. E. I. Pour s'acquitter de cette dernière tâche, il peut faire appel à des membres de ses comités techniques ou recourir à un autre organisme. Les principaux organes de l'A. N. S. I. sont le Member Body Council, le Company Member Council et le Consumer Council. C'est le premier qui agréé les normes, les deux autres assurant la liaison ainsi que la représentation des groupes d'intérêt au sein de l'Institut.

Le bureau exécutif de l'A. N. S. I. se compose de membres des trois conseils, dont quatre sont désignés par les membres. L'Institut compte diverses régies chargées des travaux de normalisation dans leurs secteurs respectifs; des comités des spécifications techniques élaborent les normes pour chacune des régies.

Les fonds de l'A. N. S. I. proviennent des cotisations des membres et de la vente des publications.

La section du traitement de l'information dans le secteur privé dispose d'une régie des normes, l'Information Processing Systems Standards Board, communément désigné Comité X3; il est soutenu par la Business Equipment Manufacturers Association (B. E. M. A.), qui lui assure les services essentiels de secrétariat.

Il convient de signaler de notables disparités entre l'organisation du Comité X3 et celle de son homologue canadien, le comité divisionnaire A. C. N. O. R. des ordinateurs, du traitement de l'information et du matériel de bureau (C. I. P. O. M.) : le Comité X3 dispose d'un

Le Ministère se charge de la liaison avec les industries de télécommunications par l'intermédiaire de l'Office canadien de planification technique de la (C. R. T. P. B.). En collaboration avec les industries, il étudie, outre les spécifications techniques, les problèmes suivants :

1. Le coût des normes de rendement du matériel et ses effets sur la compétitivité sur les marchés intérieurs et extérieurs;
2. Les effets de l'amortissement de l'outillage lié à la désuétude qu'entraînent les nouvelles spécifications⁷.

3. La normalisation aux États-Unis

Les principaux organismes de normalisation aux États-Unis sont l'American Society for Testing and Materials (A. S. T. M.), l'American National Standards Institute (A. N. S. I.), la Federal Communications Commission (F. C. C.), le National Bureau of Standards (N. B. S.), l'Electronic Industry Association (E. I. A.) et la Conference on Data Systems Languages. L'A. S. T. M. n'établit pas de normes techniques en téléinformatique; cependant, elle présente un cas intéressant, car elle fournit un autre modèle de normalisation volontaire⁸.

a) American Society for Testing and Materials

L'American Society for Testing and Materials est internationale par sa composition; de plus, elle est entièrement volontaire et financièrement autonome, ce qui en soi est exceptionnel. Les normes sont élaborées par 109 grands comités techniques, avec les apports, en temps et en talent, de plus de 10 000 personnes. Les sous-comités adjoints aux grands comités techniques établissent les projets de norme. En outre, on s'applique à résoudre les cas de « votes négatifs ».

Une norme qu'on propose mais qui fait l'objet de votes négatifs ne peut être agréée qu'après un examen complet par les plus hautes autorités de l'A. S. I. M. Celle-ci pose également en principe que tous les grands comités doivent comprendre des membres représentant les producteurs, les consommateurs et les groupements d'« intérêt général ». De plus, les effectifs des deux dernières catégories doivent dépasser au total ceux de la première. Enfin, les

⁷Ministère des Communications, *Étude n° 7 d) de la Télécommission : Relations entre le ministère des Communications et l'industrie du matériel de télécommunications*, Ottawa, Information Canada, n° Co41-1/7DF au catalogue, 1972.

⁸L'A. S. T. M. n'est dotée d'aucun comité technique de normalisation de télécommunications, des ordinateurs ou des machines de bureau. Ses normes, pour ainsi dire, sont constituées par des « ouvrages normatifs ».

documents et cherchant à résoudre des problèmes propres au Canada, tel celui du clavier français-anglais. En 1970, on a étudié 23 projets de recommandations de l'I. S. O. et des délégués ont participé à deux réunions de sous-comités de l'I. S. O.

Selon un mémoire de l'A. C. N. O. R., des membres bénévoles du comité divisionnaire ont demandé à l'association un accroissement de son aide administrative, ainsi qu'une aide technique supplémentaire consistant en une analyse comparative entre les normes I. S. O., celles de l'European Manufacturer Association, celles de l'American National Standards Institute et celles de l'A. C. N. O. R.

e) *Office des normes du gouvernement canadien*

L'Office des normes du gouvernement canadien a pour fonction d'élaborer des normes à la demande et à l'intention des ministères et des organismes gouvernementaux. Il se compose de sept sous-ministres ou directeurs adjoints. Ses travaux en matière de normalisation sont exécutés par des comités techniques assistés d'un secrétariat installé au ministère de l'Approvisionnement et des Services. Des comités nommés pour chaque catégorie de produits établissent les projets de normes, ils comprennent des représentants d'organismes gouvernementaux et des représentants du secteur privé. La ratification et la publication des normes sont soumises, au moyen d'un scrutin par correspondance, aux membres du comité compétent et aux fonctionnaires de l'Office. Jusqu'ici, près de 1 600 normes ont été cataloguées.

Mise à part la représentation de l'Office des normes du gouvernement canadien au Comité divisionnaire des ordinateurs, du traitement de l'information et du matériel de bureau de l'A. C. N. O. R., il n'existe actuellement aucun organisme fédéral de normalisation dans le domaine de la téléinformatique. Cependant le ministère de l'Approvisionnement et des Services a un représentant au Comité COBOL CODASYL et il diffuse l'information canadienne sur le travail de ce comité.

f) *Le ministère des Communications*

La fonction essentielle du ministère des Communications en normalisation de la technologie téléinformatique consiste à régler l'utilisation du spectre des fréquences. Il a délégué certaines de ses fonctions à des organismes tels que l'Association canadienne de normalisation. Cette dernière assure l'essai et la certification des appareils ménagers; ceux-ci ne doivent pas dépasser les normes minimales d'émission de radiations établies pour éviter les brouillages radiophoniques.

L'A. C. N. O. R. offre fondamentalement deux services : la création de normes d'une part; l'essai de produit et leur certification d'autre part. Les droits d'inscription (\$ 150 pour chacun des 1 600 membres), la vente des normes et diverses rentrées couvrent le coût de création des normes. L'essai et la certification des produits se suffisent financièrement grâce aux droits établis par les services de certification. En 1970, on a touché environ \$6 millions. Les menus frais des membres des comités sont à la charge de leurs employeurs respectifs.

d) *Comité divisionnaire des ordinateurs, du traitement de l'information et du matériel de bureau (C. I. P. O. M.)*

Créé en 1965, le Comité divisionnaire des ordinateurs et du traitement de l'information était l'organisme principal de normalisation en informatique. Sur sa propre recommandation, il a été remplacé en 1969 par le Comité divisionnaire des ordinateurs, du traitement de l'information et du matériel de bureau C. I. P. O. M.), avec un mandat plus large. Soucieux d'harmoniser sa représentation, le C. I. P. O. M. a recruté des membres parmi les utilisateurs, les distributeurs et les producteurs et dans divers autres milieux. Les membres à titre individuel sont experts en une, au moins, des activités du C. I. P. O. M., et ils ont habituellement une connaissance générale du domaine entier.

Les 13 comités ou sous-comités qui relèvent du C. I. P. O. M. se sont réunis une cinquantaine de fois en 1971, année qui a vu la publication de six nouvelles normes. Plusieurs autres en sont encore au stade de la mise aux voix.

Entre les réunions du comité général, le comité exécutif du C. I. P. O. M. assure les affaires courantes du comité divisionnaire où sont représentés les constructeurs, le Conseil national de recherches, le Conseil de recherches pour la Défense, les universités et d'autres organismes.

Par l'intermédiaire de ses comités techniques 95 et 97 (I. S. O. - C. C. N. - C. T. 95 et C. T. 97), composés de membres du C. I. P. O. M., le Comité consultatif canadien auprès de l'Organisation internationale de normalisation (I. S. O.) assure la collaboration technique du Canada à la normalisation internationale dans des domaines connexes. Chaque comité ou sous-comité de normes A. C. N. O. R. relevant du C. I. P. O. M. constitue un groupe consultatif spécialisé de normalisation internationale, révisant des documents qui proviennent de comités techniques internationaux, réunissant des données canadiennes pour les incorporer dans ces

Elle a pour objet de favoriser l'établissement de normes nationales pour les produits et les procédés de fabrication (organigramme, p. 16). Quant à ses fonctions, elles sont les suivantes : recevoir les demandes de normalisation ; étudier leur utilité éventuelle ; assurer la formation de comités composés de représentants des fabricants et des utilisateurs, des sociétés scientifiques et techniques, des services d'inspection et des ministères ; rédiger des normes acceptables pour toutes les parties intéressées. L'A. C. N. O. R. a également charge de certifier la conformité des produits à ces normes. La direction de l'A. C. N. O. R. est assurée par un conseil d'administration élu par les membres.

La régie des normes exerce un rôle d'orientation et décide, en dernier ressort, de la certification ainsi que de la création de nouveaux comités. Elle se compose d'une centaine de membres qui représentent les intérêts les plus divers. Trente-quatre comités divisionnaires, sous son autorité, sont les porte-parole de nombreux secteurs techniques et commerciaux éprouvant la nécessité d'une normalisation. Environ 620 comités ou sous-comités des normes traitent chacun des cas particuliers et rendent compte de leurs travaux au comité divisionnaire compétent. Quelque 3 000 volontaires participent à ces tâches. Le comité divisionnaire accorde la certification s'il n'y a pas avis contraire. Dans certains cas, la régie des normes peut accorder la certification malgré une certaine opposition dans un comité divisionnaire. À ce jour, l'A. C. N. O. R. a publié plus de 1 200 normes.

L'A. C. N. O. R. crée en outre des comités consultatifs dont les membres peuvent être des fonctionnaires ou des chefs de file de certaines industries. L'un des plus anciens est le comité consultatif du bâtiment. Ses objectifs sont d'un intérêt tout particulier, car ils peuvent s'appliquer, *mutatis mutandis*, à la téléinformatique :

- Analyse des études globales sur les besoins de l'industrie au Canada dans la mesure où elles peuvent entrer dans le champ de l'A. C. N. O. R. ;
- Établissement de plans et de calendriers pour l'instauration de spécifications de rendement et de critères d'essai ;
- Analyse des besoins d'une coordination des dimensions dans l'industrie du bâtiment ;
- Recommandation de projets de normalisation pour l'accroissement de la productivité ;
- Recherche de terrains d'enquête dans les domaines humains et professionnels à proposer à d'autres organismes.

Outre tous ces comités l'A. C. N. O. R. comprend quatre conseils consultatifs chargés d'établir les codifications en électricité, en plomberie, en prévention des incendies et en construction. Ils se composent généralement de fonctionnaires municipaux et provinciaux chargés de l'application des règlements en la matière.

normalisation (I. S. O.), de la Commission électrotechnique internationale (C. E. I.) et de toute organisation analogue s'occupant de l'élaboration de normes volontaires⁶. »

Le Conseil canadien des normes comprend un comité exécutif, un président, un directeur général, des directeurs et des comités consultatifs. Les directeurs ont respectivement la charge d'un programme national de normalisation, d'un programme international de normalisation et du programme de conversion au système métrique.

Pour orienter et diriger la participation canadienne aux deux organisations internationales de normalisation qui siègent à Genève, l'I. S. O. et la C. E. I., on a établi le Comité canadien des normes à l'I. S. O. (C. O. N.-I. S. O.) et le Comité canadien des normes à la C. E. I. (C. C. N.-C. E. I.).

Ces comités nationaux, créés à l'origine par l'A. C. N. O. R, dépendaient de son conseil d'administration. Depuis le 1^{er} avril 1972, à la suite d'un accord conclu entre l'A. C. N. O. R et le Conseil canadien des normes, ce dernier en assure la direction. Les membres des comités C. C. N.-I. S. O. et C. C. N.-C. E. I. appartiennent aux entreprises et aux associations ou aux fonctions publiques fédérale et provinciales; ils assurent ainsi la représentation de tous ceux qu'intéressent les travaux de l'I. S. O. et de la C. E. I.

Mille deux cents experts répartis en 104 comités consultatifs auprès de l'I. S. O. et 68 sous-comités auprès de la C. E. I. sont chargés au Canada des travaux intéressant ces deux organismes. En vertu d'une entente avec le Conseil canadien des normes, le département international de l'Association de normalisation tient les secrétariats des comités techniques C. C. N.-I. S. O. et C. C. N.-C. E. I. Le directeur du département international de l'A. C. N. O. R. occupe également les fonctions du directeur du programme de normalisation internationale du Conseil canadien des normes.

c) *L'Association canadienne de normalisation*

L'Association canadienne de normalisation est un organisme de droit privé sans but lucratif, créé par lettres patentes du Secréariat d'Etat en 1919, sous l'appellation Canadian Engineering Standards Association, devenue l'A. C. N. O. R. en 1944; elle constitue l'organisme national de normalisation du Canada.

⁶Loi sur le Conseil canadien des normes

2. Organismes de normalisation

Voici un exposé sommaire des organismes de normalisation et de leurs activités nationales et internationales.

a) Normalisation des ordinateurs au Canada

L'Association canadienne de normalisation A. C. N. O. R. est l'organisme national du Canada en la matière. À ce titre, elle assure la promulgation des normes dans le domaine des ordinateurs et du traitement de données. Le Conseil canadien des normes, créé en octobre 1970 par une loi fédérale, doit coordonner les activités de normalisation au Canada sans siéger toutefois aux comités de normalisation. Il a essentiellement un rôle d'harmonisation et d'orientation générale.

b) Le Conseil canadien des normes

Le Conseil canadien des normes a été institué pour « encourager et favoriser la normalisation volontaire dans les domaines relatifs à la construction, à la fabrication, à la production, à la qualité, au rendement, à la tenue, à l'usage et à la sécurité de bâtiments, de structures, d'articles et de produits manufacturés et autres marchandises, y compris leurs parties composantes, lorsqu'elle n'est pas expressément prévue par la loi, en vue de développer l'économie nationale, d'améliorer la santé, la sécurité et le bien-être du public, d'aider et de protéger les consommateurs, de faciliter le commerce intérieur et extérieur, et de promouvoir la coopération internationale dans le domaine des normes⁵. »

Il est habilité en outre à recommander les modalités d'élaboration, d'approbation, d'acceptation et de désignation des normes volontaires, à accréditer au Canada les organismes qui s'occupent de l'élaboration, de l'essai ou de la certification des normes, à tenir un registre de ces organismes, à approuver les normes s'il y a lieu, à définir les secteurs où s'impose la révision des normes en vigueur ou la création de nouvelles normes, à collaborer, si possible, avec des organismes accrédités et à créer au besoin de nouveaux organismes.

Il a également pouvoir « sauf disposition contraire d'une autre loi du Parlement du Canada ou d'un traité, d'être le représentant du Canada auprès de l'Organisation internationale de

⁵ Loi sur le Conseil canadien des normes, 1969-1970, ch. 73.

a) *Normalisation*

« La normalisation est la formulation et l'application d'un ensemble de règles ayant pour objet de rationaliser l'activité scientifique, dans l'intérêt et avec la collaboration de toutes les parties intéressées, particulièrement en vue d'optimiser l'économie globale en tenant compte des conditions de fabrication et des exigences de la sécurité. Elle se fonde sur les résultats de la recherche scientifique, les techniques et l'expérience. Elle détermine la base qui doit servir non seulement aux réalisations présentes, mais également à celles de l'avenir, et elle doit suivre le rythme du progrès. L'une des applications particulières de la normalisation vise les produits et les techniques : la définition et la sélection des caractéristiques des produits, des méthodes d'essai et de mesure, la spécification des caractéristiques des produits, pour en définir la qualité, en régler la variété, en assurer l'interchangeabilité, et *cetera*². »

b) *Norme*

« Une norme est la concrétisation d'un travail particulier de normalisation, approuvé par un organisme reconnu. Elle peut se présenter sous les formes suivantes : *i)* document contenant une série de conditions à remplir ; *ii)* unité fondamentale ou constante physique, dont ampère, zéro absolu (Kelvin), étalon sont des exemples ; *iii)* objet destiné à une comparaison physique, comme le mètre étalon³. »

c) *Spécification*

« Une spécification est l'exposé concis d'une série d'exigences auxquelles doit satisfaire un produit, un matériau ou une technique, et s'il y a lieu, des moyens qui permettent de vérifier si le produit, le matériau ou la technique répond bien aux dites exigences. Une spécification peut être une norme complète, une partie de norme, comme elle peut être indépendante d'une norme. Il est souhaitable d'exprimer, autant que possible, ces exigences sous forme numérique, en fonction des unités appropriées, en même temps que leurs limites⁴. »

³ *Ibid.*, p. 14.

⁴ *Ibid.*, p. 14.

Introduction

Selon les témoignages de beaucoup d'utilisateurs et de fournisseurs, les normes actuelles ne favorisent pas le progrès de la téléinformatique. Voici, à cet égard, un extrait de mémoire fort caractéristique :

Les informaticiens se heurtent à des problèmes de normalisation pour l'interface entre matériels de télécommunication et d'informatique.

Les points de vue des informaticiens, fort variables, vont de la demande d'une harmonisation générale des normes à la mise en garde contre une normalisation totale qui freinerait de nouveaux progrès.

Plus particulièrement, des informaticiens réclament la définition et la publication de normes de réseau, une plus grande compatibilité entre composants du matériel de marques différentes et entre les programmes de gestion de données. Ces problèmes, a-t-on également fait remarquer, prennent un caractère international dans bien des cas importants, tout particulièrement lorsque la sécurité de l'information est en jeu.

La présente étude sur les travaux de normalisation puise une partie de ses sources dans l'excellent ouvrage de référence intitulé *Les Normes au Canada*¹. Toutefois, les organismes de normalisation étant très actifs, nous avons dû tenir compte d'un grand nombre de modifications survenues depuis la publication de l'ouvrage cité.

1. Définitions pour l'étude des normes au Canada

Etablissons d'abord les distinctions nécessaires entre *norme* et *spécification* pour définir ensuite le processus de *normalisation*. Voici les définitions recommandées à l'échelle internationale² :

¹ Robert F. Leggey, *Les Normes au Canada*, Information Canada, Ottawa, 1972, n° SS31-272F au catalogue.

² Définition publiée dans un rapport de S. T. A. C. O., Organisation internationale de normalisation, Genève, 1965, d'après *Les normes au Canada*, p. 14.

Introduction	1
Définitions pour l'étude des normes au Canada	1
Organismes de normalisation	3
La normalisation aux États-Unis	8
Normalisation internationale	12
Conclusions	15
Organigramme	16

Groupe d'étude
sur la
téléinformatique
au Canada

Études

13 Normes

Enquête
effectuée par :
Le G. E. T. C.
Ottawa, Ontario
Août 1972

13

63. Administration suédoise, « Interworking Between Synchronous Data Networks », *CCITT Joint Working Party NRD : Contribution No. 38, 1968 à 1972, GM-NRD* : n° 38-E, avril 1971.
64. Jousset, A., « Études de Réseaux de Commutation de Données en France », *IEEE International Conference on Communications*, Montréal, 1971, pp. 31-17 à 31-20.
65. Administration italienne, « Wideband Data Transmission Tests », *CCITT Special Study Group A : Contribution No. 45, 1968 à 1972, COM Sp.A : n° 45-E*.
66. Administration russe de télécommunications, « Tests of a Data Transmission System Over Wideband Circuits », *CCITT Special Study Group A : Contribution No. 97, 1968 à 1972, COM Sp.A : n° 97-E*, octobre 1970.
67. « Report of the Special Study Group A Meeting Held in Geneva », (23 septembre au 4 octobre 1963), *CCITT Special Study Group A (Data Transmission) : Contribution No. 92, Annex XIII*, 18 octobre 1963.
68. International Telegraph and Telephone Consultative Committee, *IIIrd Plenary Assembly, Geneva, 25 May – 26 June, 1964, Blue Book, Volume VIII, Data Transmission*, Genève, International Telecommunication Union, novembre 1964. Voir République fédérale d'Allemagne, suppl. 4, « Tests Conducted in the German Telex Network with 50-Baud Start-Stop Transmission », et suppl. 6, « Measurements on Data Transmissions Over the Telex Network, at 200 Bauds, 1 200 Bauds and 2 400 Bauds ».

53. Kammerl, A., « Eine Vollenlelektronische Fernschreib : und Datenwaehvermittlung », (allemand), *Nachrichtentechnische Zeitschrift*, no 6, 1966, pp. 322-330.
54. Administration suédoise, « Information about a Study of a Separate Public Data Network in Sweden », *CCITT Joint Working Party NRD : Contribution No. 22, 1968 à 1972*, GM-NRD : no 22-E, décembre 1970.
55. Joint Working Party on « New Data Networks », Report of the Meeting Held in Geneva (23 au 27 novembre 1970), *CCITT Study Group X : Contribution No. 16, Special Study Group A : Contribution No. 108, Joint Working Party NRD : Contribution No. 27, 1968 à 1972*, COM X : no 16-E, COM Sp.A : no 108-E, GM-NRD : no 27-E, décembre 1970.
56. Schramel, F. J., « The DS 714 Computer System Used as a Message Switcher », *Philips Telecommunication Review*, vol. XXVIII, no 3, septembre 1969, pp. 125-134.
57. van Kampen, H., « The Type DS 714 Computer-Based Message and Data Switching System », *Philips Telecommunication Review*, vol. XXVIII, no 3, septembre 1969, pp. 135-146.
58. Spoon, H. J., « The Telegraph Input-Output Multiplexer for the DS 714 Message Switching System », *Philips Telecommunication Review*, vol. XXVIII, no 4, décembre 1969, pp. 175-183.
59. Goudet, G. et Benmussa, H., « The DS 4 Data Switching System », *IEEE Transactions on Communication Technology*, vol. COM-17, no 6, décembre 1969, pp. 595-599.
60. McKinnon, R. K., « The Development of Data Transmission Services in Australia », *Telecommunication Journal of Australia*, vol. XX, no 3, octobre 1970, pp. 203-216.
61. Corby, B., « IBM 2750 Voice and Data Switching System : Organization and Functions », *IBM Journal of Research & Development*, vol. XIII, no 4, juillet 1969, pp. 408-415.
62. Reynier, R. E., « Electronic Switching Network of the IBM 2750 », *IBM Journal of Research & Development*, vol. XIII, no 4, juillet 1969, pp. 416-427.

43. Simpson, W. G. (bureau de poste britannique), « The Evolving Digital Hierarchy », document inédit préparé pour l'IEEE International Conference on Communications, Montréal, 14 au 16 juin 1971.
44. Hartley, G. C., « Opportunities and Problems of Synchronous Networks », *IEEE International Conference on Communications*, Montréal, 1971, pp. 31-5 à 31-9.
45. Allery, G. D. et Chapman, K. J., « Features of a Synchronous Data Network for the United Kingdom », *IEEE International Conference on Communications*, Montréal, 1971, pp. 31-10 à 31-13.
46. ISO-TC97-SC6, Paris, juin 1970, Royaume-Uni, « Residual Errors », *CCITT Special Study Group A : Contribution No. 37, Joint Working Party on New Data and Message Networks : Contribution No. 5, 1968 à 1972*, COM Sp.A : no 37-E, GM-NRD : no 5-E, juin 1970.
47. République fédérale d'Allemagne, « Study of the General Switched Telephone Network with a View to Its Suitability for Data Transmission », *CCITT Special Study Group A : Contribution No. 101, 1968 à 1972*, COM Sp.A : no 101-E, novembre 1970.
48. Gabler, H. G., « Data Network Planning in the Federal Republic of Germany », *IEEE International Conference on Communications*, Montréal, 1971, pp. 31-14 à 31-16.
49. République fédérale d'Allemagne, « Facilities of New Data Networks », *CCITT Joint Working Party NRD : Contribution No. 14, 1968 à 1972*, GM-NRD : no 14-E, octobre 1970.
50. Gossiau, K. et Kern, P., « Electronic Data Switching for Data Communication », *IEEE International Conference on Communications*, San Francisco, 8 au 10 juin 1970, Conference Record, no 70 C 21-COM au catalogue, pp. 16-1 à 16-9.
51. Gossiau, K., Bacher, A. et coll., « EDS : a New Electronic Data Switching System for Data Communication », *Nachrichtentechnische Zeitschrift*, no 8, 1969, pp. 444-463.
52. Gossiau, K., « Data Traffic : the Communication of Digital Information », *Nachrichtentechnische Zeitschrift*, vol. XXI, no 8, août 1968, pp. 500-506.

32. Worley, A. R., « Design Considerations for a Nationwide Data Transmission System », *IEEE International Conference on Communications*, Montréal, 14 au 16 juin 1971, Conference Record, no 71 C 28-COM au catalogue, pp. 18-1 à 18-6.
33. Hipert, R. O., « IBM 2790 Digital Transmission Loop », *IBM Journal of Research & Development*, vol. XIV, no 6, novembre 1970, pp. 662-667.
34. *The Data Communications Market*, Frost & Sullivan, New York, 1970.
35. Martin, J. T., *Telecommunications and the Computer*, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, 1969.
36. Hartley, G. C., Purton, R. et Smith, N. G., « Studies for a possible United Kingdom Public Data Communication Service », *1970 IEEE Wescon (Western Electronic Show and Convention) Technical Papers*, vol. XIV, section 19-2, 25 au 28 août 1970, Los Angeles, Californie.
37. United Kingdom Post Office, « New Networks for Data Transmission », *CCITT Joint Party NRD : Contribution No. 11, 1968 à 1972*, GM-NRD : no 11-E, octobre 1970.
38. Davies, D. W., Bartlett, K. A., Scantlebury, R. A. et Wilkinson, P. T., « A Data Communication Network for Real-Time Computers », *IEEE International Conference on Communications*, Philadelphie, Pennsylvanie, Conference Record, 1968, pp. 728-733.
39. Davies, D. W., « The Principles of a Data Communication Network for Computers and Remote Peripherals », *Proceedings of the IFIP Congress 68*, vol. II : *Hardware Applications*, Edinburgh, 5 au 10 août 1968, Amsterdam, Hollande, North-Holland Publishing, 1969, pp. 709-715.
40. Wilkinson, P. T. et Scantlebury, R. A., « The Control Functions in a Local Data Network », *Proceedings of the IFIP Congress 68*, vol. II, pp. 734-738.
41. Scantlebury, R. A., Wilkinson, P. T. et Bartlett, K. A., « The Design of a Message Switching Centre for a Digital Communication Network », *Proceedings of the IFIP Congress 68*, vol. II, pp. 723-727.
42. Bartlett, K. A., « Transmission Control in a Local Data Network », *Proceedings of the IFIP Congress 68*, vol. II, pp. 704-708.

20. Heart, F. E., Kahn, R. E., Ornstein, S. M., Crowther, W. R. et Walden, D. C., « The Interface Message Processor for the ARPA Network », *AFIPS Conference Proceedings*, vol. XXXVI, pp. 551-567.
21. Kleinrock, L., « Analytic and Simulation Methods in Computer Network Design », *AFIPS Conference Proceedings*, vol. XXXVI, pp. 569-579.
22. Frank, H., Frisch, I. T. et Chou, W., « Topological Considerations in the Design of the ARPA Computer Network », *AFIPS Conference Proceedings*, vol. XXXVI, pp. 581-587.
23. Carr, C. S., Crocker, S. D. et Cerf, V. G., « HOST-HOST Communication Protocol in the ARPA Network », *AFIPS Conference Proceedings*, vol. XXXVI, pp. 589-597.
24. DeWitt, R. G., « Digital Multiplexing », *Proceedings of the National Electronics Conference*, vol. XXVI, Chicago, Illinois, 7 au 9 décembre 1970, pp. 845-851.
25. Trendowski, C. R., « Western Union Digital Switching Centers », *Proceedings of the National Electronics Conference*, vol. XXVI, pp. 869-874.
26. DeWitt, R. G., « Western Union Plans for a Nationwide Digital Transmission Network for Data », *IEEE 71 International Convention Digest*, pp. 216 et 217.
27. Cox, J. E., « System Objectives of a Switched Digital Data System », *Proceedings of the National Electronics Conference*, vol. XXVI, pp. 875-881.
28. Walker, P. M. et Mathison, S. L., « Communications Carriers : Evolution or Revolution », *Technology Review* (MIT), vol. LXXIII, no 1, octobre et novembre 1970.
29. Bignami, E. L., « Communications to Order », *Telecommunications*, vol. IV, no 2, février 1970, pp. 52-57.
30. Mathison, S. L. et Walker, P. M., *Computers and Telecommunications : Issues in Public Policy*, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, 1970.
31. U. S. A., « 4 800 and 9 600 Bit Per Second Data Transmission Over International Circuits », *CCITT Special Study Group A : Contribution No. 104, 1968 à 1972, COM Sp.A : no 104-E*, novembre 1970.

10. American Telephone & Telegraph Co., « An Experiment in Addressed Block Data Transmission Around a Loop », *CCITT Joint Working Party NRD : Contribution No. 45, 1968 à 1972*, GM-NRD : n° 45-E, mai 1971.
11. Fleming, H. C. et Hutchinson, R. M., « Low-Speed Data Transmission Performance on the Switched Telecommunications Network », *Bell System Technical Journal*, vol. L, n° 4, avril 1971, pp. 1385-1405.
12. Balkovic, M. D., Klancer, H. W., Klare, S. W. et McGruther, W. G., « High-Speed Voice-band Data Transmission Performance on the Switched Telecommunications Network », *Bell System Technical Journal*, vol. L, n° 4, avril 1971, pp. 1349-1384.
13. « No. 1 : Electronic Switching Systems Arranged with Data Features », *Bell System Technical Journal*, vol. XLIX, n° 10, décembre 1970, pp. 2733-3004.
14. Broderick, C. W., « A Digital Transmission System for TD-2 Radio », *Bell System Technical Journal*, vol. L, n° 2, février 1971, pp. 481-499.
15. Gunn, J. F., Ronne, J. S. et Weller, D. C., « Mastergroup Digital Transmission on Modern Coaxial Systems », *Bell System Technical Journal*, vol. L, n° 2, février 1971, pp. 501-520.
16. Bender, E. C. et Howson, R. D., « Data Transmission and Computer Access : Wideband Data Service », *Bell System Technical Journal*, vol. L, n° 2, février 1971, pp. 667-681.
17. The International Telegraph and Telephone Consultative Committee, *CCITT White Book, Volume VIII, Data Transmission With Plenary Assembly*, Mar del Plata, 23 septembre au 25 octobre 1968, International Telecommunication Union, 1969.
18. Baran, P., Boehm, S. P. et Smith, J. W., *On Distributed Communications*, une série de 11 mémoranda, RM-3420PR, RM-3103-PR, RM-3578-PR, RM-3638-PR, RM-3097-PR, RM-3762(-7)-PR, Santa Monica, Californie, Rand Corporation, août 1964.
19. Roberts, L. G. et Wessler, B. D., « Computer Network Development to Achieve Resource Sharing », *AFIPS Conference Proceedings, Volume 36 : 1970 Spring Joint Computer Conference, May 5-7, 1970*, Atlantic City, New Jersey, Montvale, New Jersey, AFIPS, 1970, pp. 543-549.

1. Milne, A. F. et Leyburn, D., « Multicom : 4 800 bps Data Transmission Over Voice Channels », *Canadian Electronics Engineering*, vol. XIV, n° 12, décembre 1970, pp. 45-47.
2. Martin, J. T., *Teleprocessing Network Organization*, Englewoods Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, 1970.
3. *Computer Based Services of the Seventies*, Trans-Canada Telephone System, Ottawa, juillet 1971.
4. Hough, R. W., Fratessa, C., Holley, V., Samuel, A. H. et Wells, L. J., *A Study of Trends in the Demand for Information Transfer*, préparé pour la National Aeronautics and Space Administration, Ames Research Center, Moffett Field, Californie, n° du contrat NAS2-5369, SRI Project MU-7866, Menlo Park, Californie, Stanford Research Institute, février 1970.
5. Sedlacek, W. C. et coll., *Information Transfer Systems Requirement Study, Summary Report*, Sunnyvale, Californie, Lockheed Missiles & Space, mars 1970.
6. Clark, R. M., « Broadband Exchange Service », CNT Customer Service Engineering Canadian National — Canadian Pacific Telecommunications, Toronto, 6 septembre 1966.
7. American Telephone & Telegraph Co., « Private Line Digital Data Service Plans », *CCITT Joint Working Party NRD : Contribution No. 37*, 1968 à 1972, GM-NRD : n° 37-E, avril 1971.
8. Farmer, W. D. et Newhall, E. E., « An Experimental Distributed Switching System to Handle Bursty Computer Traffic », *ACM Symposium on Problems in the Optimization of Data Communications Systems*, Pine Mountain, Georgie, 13 au 16 octobre 1969, pp. 1-33.
9. Pierce, J. R., Coker, C. H. et Kropfl, W. J., « An Experiment in Addressed Block Data Transmission Around a Loop », *IEEE 71 International Convention Digest*, New York, 22 au 25 mars 1971, pp. 222 et 223.

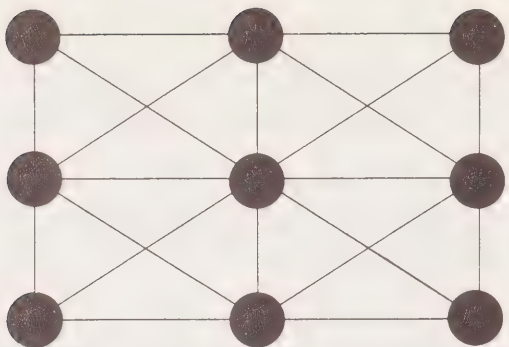


Figure 5c

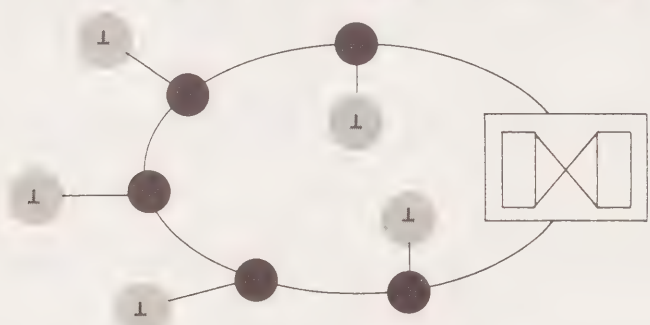


Figure 5b

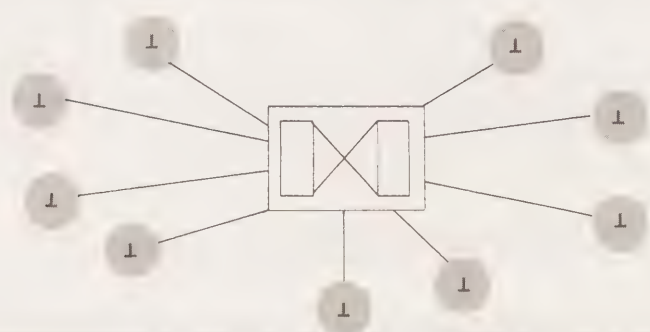


Figure 5a



Figure 4
Réseau A. R. P. A.

Figure 3
TCTS
Réseau multicom du R. T. T.
Schéma initial

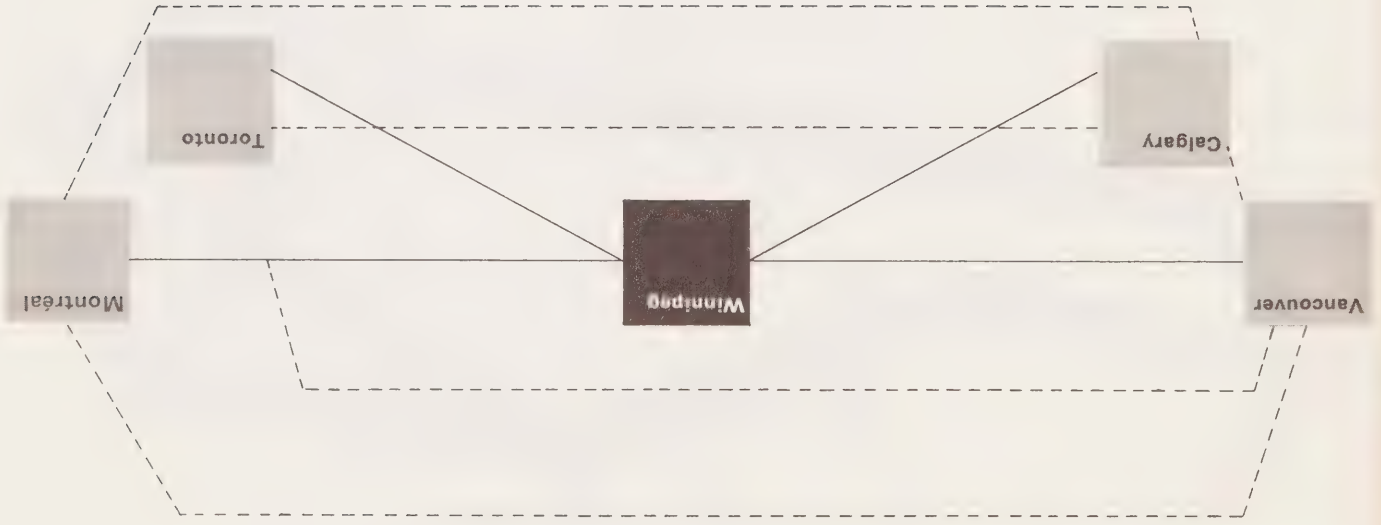
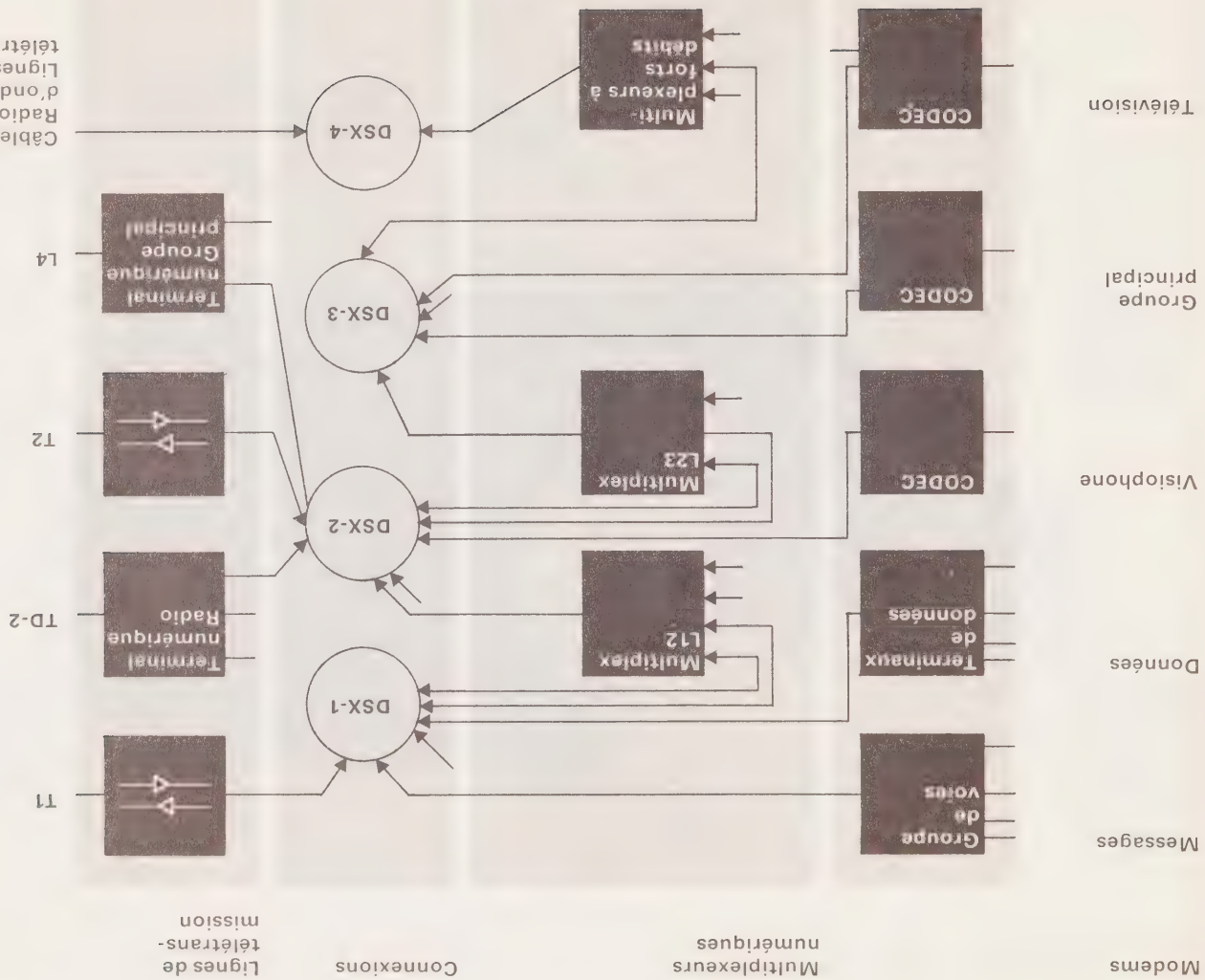


Figure 2
Télécommunications C. N. — C. P.
Service de télétransmission à large bande
Schéma initial



Figure 1
Échelle des valeurs
numériques



On projette, entre autres, des installations pour l'adressage multiple, la signalisation abrégée, les conversions de vitesse et de code.

Calendrier : marche d'essai en 1970-1971.
Date prévue du service Télec, 1973-1974.

5. En France (55,64)

Les données sont actuellement acheminées par le réseau téléphonique commuté et par le réseau Télec commuté. Un nouveau service Télec à 200 b/s a été instauré.

Un réseau spécial à fréquence vocale, le réseau Caducée, équipé de commutateurs à barres croisées et constitué de circuits d'une qualité exceptionnelle, a été consacré à la télétransmission de données vers la fin de 1971. Les débits de transmission atteignent 2 400 ou 4 800 b/s. Des circuits à large bande, capables de débits atteignant 50 kb/s, sont pour le moment réservés aux communications intérieures des villes.

Un autre réseau de télétransmission de données, Hermès, est au stade des études. Il sera étroitement associé à un nouveau réseau téléphonique commuté par répartition dans le temps (encore inachevé), le réseau E1. Les débits offerts seront de 50 b/s à 56 kb/s, sur une base de commutation de circuits avec possibilité d'adaptation à la commutation par lots. Le réseau téléinformatique utilisera partiellement le réseau téléphonique E1 et, pour cette raison, la composition des messages se présentera de deux façons :

- Pour une voie utilisant la fréquence vocale en M. I. C., chaque groupe de données se composera de huit bits (octet), soit un bit d'état et sept bits de données utiles. Le débit sera donc $7/8 \times 64 \text{ kb/s} = 56 \text{ kb/s}$. Cependant, pour des raisons d'encombrement, p. ex. la synchronisation par insertion d'un groupe au repos, le débit utile sera légèrement inférieur à 56 kb/s. La commutation de ces voies (commutateur du niveau primaire) sera réalisée par un équipement identique à celui du réseau téléphonique E1.
- Pour la télétransmission de données à des vitesses moindres, la structure d'enveloppe est la même que dans la proposition du Royaume-Uni, soit $(8 + 2)$ bits. La commutation de ces voies est réalisée par un commutateur du niveau secondaire, après la commutation au niveau primaire et des opérations de multiplexage et de démultiplexage.

Calendrier : mise en service prévue de Hermès en 1976.

transmission reliant les centres correspondra à la norme européenne C. E. P. T., qui est de 2 048 mb/s.

Calendrier : stade du plan; premier modèle expérimental prévu en 1973-1974. Essais de transmission par lots aux National Physical Laboratories (38,39,40,41,42)

4. En République fédérale d'Allemagne (48,49,50,51,52,53)

La Poste germanique (Bundespost) projette la mise en service d'un système de commutation électronique de données (E. D. S.) en 1973-1974. L'E. D. S. a été conçu pour les faibles vitesses en vue de remplacer l'équipement désuet du réseau Téléx allemand qui dessert environ 90 000 abonnés. Il est capable d'acheminer une faible quantité de données à des vitesses supérieures, soit jusqu'à 9,6 kb/s; aussi doit-il servir de base au nouveau réseau téléinformatique, qui englobera les réseaux Téléx, Datex et Gentex existants. Des systèmes de commutation pour les grandes vitesses sont à l'étude.

La Poste germanique se propose d'offrir des débits de 200, 2 400 et 9 600 b/s. Le délai de commutation par l'E. D. S. est de l'ordre de 100 msec, à comparer à 200 ou 300 msec par un concentrateur. Le temps minimal de raccordement est d'environ 100 msec entre deux abonnés reliés à un centre E. D. S. et peut atteindre trois secondes pour une communication interurbaine par signalisation intrabande à faible vitesse. L'E. D. S. est un système de commutation de circuits par la détection des inversions de polarité sur les lignes d'arrivée et la transmission de ces transitions aux lignes de départ. Les débits étant relativement faibles par rapport à la capacité de l'E. D. S., le commutateur fonctionne sur le mode asynchrone. On peut obtenir un dispositif de mémorisation temporaire pour la commutation des messages. Dans les régions à faible densité d'abonnés, les données seront recueillies par des concentrateurs de commutation par répartition dans l'espace, et la connexion sera établie par le centre E. D. S. le plus proche. Les concentrateurs seront télécommandés par le centre E. D. S.

Au début, la transmission entre les centres E. D. S. utilisera des modems sur les bandes de fréquences normalisées des systèmes existants à multiplexage par division de fréquences (F. D. M.). On envisage également pour l'avenir la transmission sur des voies M. I. C. Pour les branchements d'abonnés à faible vitesse, jusqu'à 200 b/s, on utilise un modem Standard Electric-Lorenz de type FSK, qui permet la transmission bidirectionnelle simultanée sur une paire. Les branchements à plus grande vitesse seront probablement desservis par une bande de base numérique.

3. En Angleterre (36,37,43,44,45,46,55)

La Poste britannique compte actuellement 30 000 abonnés à ses services téléinformatiques et prévoit pour les prochaines années un taux annuel de croissance de 50 à 100 p. 100. Elle projette l'implantation d'un nouveau réseau pour répondre à la progression de la demande, ainsi qu'à la demande prévisible de services nouveaux que ne peut fournir le réseau téléphonique déjà surchargé. Il s'agira d'un réseau synchrone, commandé par un ou plusieurs chronomètres fonctionnant en corrélation.

La poste offrira les vitesses de transmission suivantes : 600, 2 400, 9 600 ou 48 000 b/s ; le mode de transmission aux trois dernières vitesses étant isochrone, il exigera une liaison duplex de quatre fils, même pour les branchements locaux. Jusqu'à 600 b/s, le branchement est à deux fils et la transmission se fait selon la modulation normale, c'est-à-dire par changement de fréquence (F. S. K.). Le mode de transmission sur le réseau sera isochrone, adapté pour le service de 600 b/s au premier multiplexeur, l'alignement de vitesse se faisant par insertion de groupes au repos (ci-dessous). Cette apparente inefficacité est tolérée parce qu'au Royaume-Uni les distances de transmission sont courtes. Pour la transmission anisosynchrone jusqu'à 1,2 kb/s (ou jusqu'à 2,4 kb/s), on fera appel au codage de transition sur le service à 9,6 kb/s. Le temps de raccordement de poste à poste, à l'intérieur du Royaume-Uni, sera de l'ordre de 100 msec.

Pour satisfaire aux exigences de la « séquence-indépendance » des bits, de la signalisation à l'intérieur de la bande et de l'alignement des vitesses, on propose des groupes de 10 bits ; chaque groupe consistant en 1 bit de synchronisation + 1 bit d'état + 8 bits de données utiles. Le bit d'état sera *un* pour annoncer les données utiles et *zéro* pour la signalisation.

Les économies que représente la commutation par lots paraissent minimes dans un réseau à la taille du Royaume-Uni ; aussi la proposition envisage-t-elle un réseau à commutation de circuits, avec disposition permettant l'adaptation ultérieure à la commutation par lots. La commutation pourrait être synchrone par répartition dans le temps conjuguée avec la répartition dans l'espace, à un concentrateur, par exemple. En commutation par répartition dans le temps s'effectuera au niveau du groupe. La commutation par lots, la longueur maximale d'un lot, y compris l'introduction (destination et provenance, nature du message, etc.) est d'environ 1 000 bits.

Les plans de la première étape prévoient une vingtaine de centres de commutation de données, chacun desservant une circonscription d'environ cinquante milles et une longueur de ligne moyenne de quinze milles. Au niveau primaire, le débit des lignes de

il pourra plus tard être adapté à la commutation des messages. Les vitesses de transmission offertes sont : 4,8, 9,6 ou 14,4 kb/s (synchrone) ou 150 b/s (asynchrone). L'armature du réseau consistera en une « canalisation » à micro-ondes de 4 432 voies de 4,8 kb/s chacune. Les voies exigeant une capacité supérieure à 4,8 kb/s seront réalisées par la mise en parallèle du nombre voulu de voies de 4,8 kb/s. Selon le projet actuel, le réseau sera entièrement synchrone. Comme, au début, les circuits seront sous-utilisés, Datan n'installera d'abord qu'un dispositif de commutation. Ce dispositif fonctionnera par répartition dans le temps, la matrice sera fournie par Stromberg Carlson et l'appareillage de commande, par COMTEN. L'installation d'autres centres de commutation sera dictée par l'accroissement du trafic. Au début, la même voie synchrone de 4,8 kb/s se prolongera jusque dans les locaux de l'abonné et servira à l'échantillonnage des branchements asynchrones de faible vitesse.

Calendrier : demande d'approbation adressée à la F. C. C. en novembre 1969. Sous réserve de cette approbation, mise en service prévue en avril 1974.

e) Réseau M. C. I. (28,29)

La Microwave Communications, Inc. (M. C. I.) louera aux abonnés des voies analogiques de télécommunication poste-à-poste par lignes privées. La télétransmission sera assurée par des systèmes à fréquence porteuse et l'équipement de multiplexage par division de fréquence sera fourni par la Northern Electric Company Limited. On dispose d'une grande variété de largeurs de bandes, depuis 200 Hz jusqu'à 960 kHz et de canaux pour la transmission visuelle et acoustique. Comme les voies seront louées pour la transmission unidirectionnelle, on pourra obtenir la transmission bidirectionnelle asymétrique. La M. C. I. ne fournira pas de branchements d'abonnés, mais elle donnera une assistance technique aux clients qui loueront leurs branchements de la société exploitante locale ou qui les fourniront eux-mêmes, puis elle se chargera du raccordement et de l'entretien des branchements. Des voies spécialement étudiées pour la télétransmission de données sont également disponibles dont les débits s'échelonnent entre 75 b/s et 19,2 kb/s, le taux d'erreurs étant d'une en 10⁷.

Calendrier : la F. C. C. a approuvé la première liaison (Saint-Louis — Chicago) en août 1969 et sa modification en janvier 1971.

Le F. C. C. a été saisi de demandes de licences pour d'autres parcours par la M. C. I. et ses filiales. Grâce à l'ordonnance émise par la F. C. C. en mai 1971, il y aura désormais moins d'obstacles à l'obtention de licences. Les dates d'entrée en service sont indéterminées.

d'un réseau privé affecté à l'échange d'information scientifique, les divers centres de recherche ayant un accès direct aux installations informatiques (figure 4). Les systèmes informatiques autonomes des centres ne communiquent pas directement entre eux, mais doivent passer par des centres de commutation indépendants. La raison d'être de ces centres de commutation, appelés interfaces de traitement de messages (I. M. P.), était de desservir un ou plusieurs ordinateurs auxiliaires, de permettre l'accès au réseau A. R. P. A. et par conséquent aux autres ordinateurs. Les terminaux locaux, par exemple les téléscripteurs, ne peuvent accéder au réseau A. R. P. A. qu'en passant par l'ordinateur auxiliaire local, d'où une charge inutile de celui-ci. On a tourné cette difficulté en installant un organe nodal de traitement : un terminal I. M. P. ou interface terminale de traitement (T. I. P.) grâce auquel jusqu'à soixante-quatre terminaux pourront accéder directement au réseau A. R. P. A. et à tous les ordinateurs auxiliaires.

On fait appel à la technique de mémorisation et de commutation par lots. Un lot consiste en un bloc d'information de 1 000 bits et un signal de contrôle cyclique de 24 bits. Comme le message est temporairement mémorisé par l'I. M. P. — T. I. P., sa longueur ne peut pas être supérieure à huit lots. Les I. M. P. — T. I. P. sont reliés entre eux selon le principe du réseau de distribution, par des lignes louées (A. T. & T.) de 50 kb/s et à l'aide de modem. La télétransmission de données entre terminal et ordinateur auxiliaire s'effectue suivant le mode de marche-arret. La transmission des messages sur le réseau est entièrement commandée par les I. M. P. — T. I. P. L'ordinateur auxiliaire n'y est pour rien. Le réseau I. M. P. — T. I. P. fonctionne donc de façon autonome.

Le système est transparent quant à la vitesse et il utilise le code A. S. C. I. I. de huit bits. Un usage spécial du caractère D. L. E. du code le rend également transparent quant au code. Les nodes actuels sont équipés d'I. M. P. On continue de travailler à la préparation d'un protocole qui permettra les échanges d'informations de machine à machine.

Calendrier : la première étape (expérimentale) a été entreprise en 1969.

d) *Datran* (28,32)

La Data Transmission Company (Datran) se propose d'offrir un service commuté de bout en bout ou par lignes directes de données numériques. Au besoin, la coordination orale sera assurée par le réseau téléphonique. La transmission sur lignes numériques n'exigeant pas de modems, le taux d'erreurs est inférieur à 10^{-7} et le temps de raccordement, inférieur à trois secondes. Le système est à commutation de circuits, mais

On étudie actuellement diverses formes de services commutés de données, basés sur les voies numériques et sur les compositions de signaux ci-dessus décrites.

Calendrier : mise en service prévue en 1974.

b) *Western Union (24,25,26,27)*

La Western Union projette l'intégration des réseaux informatiques existants en un réseau unique, le COMFPLANT. Le nouveau réseau englobera les réseaux Télec et T. W. X., les services actuels de liaisons permanentes et Broadband de la Western Union, ainsi que l'Information Services Computer System (I. S. C. S.). La transmission numérique asynchrone sera limitée à 300 b/s. Au-dessus de 300 b/s, elle sera synchrone. Il y aura deux types de réseaux commutés, l'un numérique et l'autre analogique. Le réseau numérique acheminera le trafic synchrone jusqu'à 9 600 b/s et le trafic asynchrone, il sera transparent quant au code et à la vitesse. Le réseau analogique sera commuté par division dans l'espace et pourra ainsi transmettre les signaux du réseau numérique. Ce réseau analogique commuté fournira les services Broadband et de liaisons permanentes ainsi que toute la télétransmission de données à grande vitesse. Les centres de commutation seront commandés par des ordinateurs programmés par mémoire, la signalisation et la surveillance entre les centres étant assurées sur des voies séparées selon une modification de la signalisation n° 6 du C. C. I. T. T. Les données seront recueillies localement et à distance au moyen de concentrateurs commandés par le centre de commutation. En configuration avec le centre de commutation, les concentrateurs peuvent recevoir la signalisation de l'abonné sur la bande ou séparément ; traiter les signaux analogiques et numériques ; assurer la liaison, sur les lignes analogiques ou numériques, avec le centre. Ce concentrateur, qui s'adapte aux divers types de terminaux, fait appel à la division matricielle dans l'espace.

Calendrier : fin 1971 — premier circuit numérique de 20 mb/s reliant New York et Washington.

1974 : réseau de transmission numérique entre New York et Chicago.

c) *Réseau A. R. P. A. (19,20,21,22,23,18)*

L'Advanced Research Project Agency ou A. R. P. A. du ministère américain de la Défense a constitué un réseau expérimental qui relie dix centres de recherche disséminés à travers les États-Unis. La première étape de ce projet a été engagée à l'automne de 1969. Il s'agit

Les postes d'abonnés sont de trois types, selon le volume du trafic ou la qualité du service exigée :

- Les postes de la classe A, destinés aux forts volumes, sont desservis par un circuit et un organe d'admission affectés en exclusivité. Cependant, un circuit peut être partagé par plusieurs postes du même réseau.
- Les postes de la classe B sont destinés aux volumes moyens. Les organes d'admission des ordinateurs sont partagés par plusieurs abonnés, qui y accèdent par les réseaux Téléx (50 b/s) ou Data-Télex (180 b/s).
- Les postes de la classe C, destinés aux faibles volumes, sont semblables à ceux de la classe B.

Ce service comporte la conversion de vitesse et de code, l'adressage multiple.

Calendrier : inauguration en 1971.

2. Aux États-Unis

a) *American Telephone and Telegraph* (7)

L'A. T. & T. se propose d'instaurer en 1974 un réseau national de télétransmission numérique de données par lignes privées, qui sera indépendant des services existants de Dataphone. Les débits offerts seront de 2,4, 4,8, 9,6 ou 56 kb/s. Contrairement au Multicom et au Dataphone, il ne comportera pas de circuit acoustique de secours ou de coordination. La liaison poste à poste sera synchrone. On prévoit un service de lignes partagées. Pour les voies à 2,4, 4,8 ou 9,6 kb/s, la composition du signal pour le multiplexage est $(6 + 2)$, soit 6 bits de données utiles + 1 bit de contrôle + 1 bit de réglage. Ainsi, la voie de 64 kb/s en M. I. C. pourrait comprendre 20 voies de 2,4 kb/s, ou 10 de 4,8 kb/s, ou cinq de 9,6 kb/s. Le bit de réglage est nécessaire au sous-multiplexage et le bit de contrôle indique si la composition du signal comprend ou non des données ou de la signalisation de l'abonné. Pour la voie de 56 kb/s, le bit de réglage des sous-multiplexeurs n'est pas nécessaire; la composition du signal comprend donc 7 bits de données et 1 bit de contrôle. Les installations de télétransmission seront numériques. Le système sera assuré par des chronomètres (à quartz) auxiliaires, très stables mais électroniquement variables. Ces chronomètres seront commandés par des chronomètres principaux, en phase rigide avec une source maîtresse de chronométrage.

b) *Télécommunications C. N. — C. P. (6)*

En novembre 1967, les télécommunications C. N. — C. P. ont inauguré un service de télécommunication sur large bande, le Broadband Exchange Service, pour acheminer les données numériques et les signaux analogiques. L'abonné peut choisir, pour chaque communication, une largeur de bande de 4, 8, 16 ou 48 kHz sur une voie de quatre fils commandée par les courants vocaux. Le meilleur délai de raccordement, d'une extrêmeité à l'autre du pays, est de deux secondes. (Une brochure des C. N. — C. P. indique 3,5 secondes.)

Le « Broadband » est un système à commutation de circuits dont la tarification est basée sur le temps d'utilisation et sur le nombre d'appels, télécommandé par un dispositif solide et dont les circuits sont reliés par des commutateurs à lames.

Les branchements d'abonnés sont des circuits à quatre fils dont la largeur de bande maximale est déterminée par les exigences de l'abonné. S'il a besoin de 4 kHz, par exemple, la largeur de bande du branchement n'excèdera pas 4 kHz. Si, par inadvertance, il fait l'indicateur d'un circuit utilisant une bande plus large que le sien ou celui de son interlocuteur, l'appel ne passe pas et son erreur lui est signalée.

Le réseau comprend quatre centres principaux de commutation, situés à Montréal, Toronto, Winnipeg et Vancouver (figure 2). Les abonnés sont raccordés à un centre par des liaisons directes ou, s'ils en sont très éloignés, par des concentrateurs.

Le système offre des installations facultatives, notamment la « trappe abrégée », les liaisons permanentes, les téléconférences à présélection et l'accès limité.

Calendrier : annonce du service en 1967.

Inauguration en 1968.

Au cours du premier trimestre de 1971, les Télécommunications C. N. — C. P. inauguraient TéléNet. Il s'agit d'un service de commutation de messages commandé par ordinateur qui, comme le M. S. D. S. du R. T. T., repose essentiellement sur un réseau privé. Les ordinateurs, des Philips DS-714 (56,58,59), sont installés à Montréal et à Toronto.

Bien que le débit ne dépasse pas actuellement 4,8 kb/s, le système adapté serait capable d'un débit de 9,6 kb/s. Le Multicom se prête à des services complémentaires facultatifs : réponse automatique, mise hors circuit des calculateurs, signalisation automatique, liaisons permanentes, *et cetera*.

Le Multicom à faible vitesse empruntera des voies commutées, qui seront multiples sur des lignes interurbaines à fréquence vocale affectées en exclusivité. Il servira de complément aux services spécialisés existants, tel DATA-FX.

Calendrier : disponible en 1971.

Pour le trafic lent de données, où le débit de signalisation est inférieur à 300 b/s, le R. T. T. dispose d'un réseau de lignes directes qui fournit un service de régulation des messages par ordinateur (M. S. D. S.). Des groupes de terminaux sont reliés par des lignes omnibus communes à l'ordinateur de commutation. Le trafic est acheminé suivant le principe du balayage et il est commandé par l'ordinateur central qui mémorise les messages et les envoie en temps opportun. On peut établir un ordre de priorité. À l'heure actuelle, le délai d'acheminement moyen est de 90 secondes. Le M. S. D. S. permet des services divers, dont l'adressage multiple, les échanges directs intra-lignes. Un abonné au T.W.X. peut également être raccordé aux groupes de terminaux du M. S. D. S. et profiter de la régulation par ordinateur pour communiquer avec les autres abonnés au T. W. X.

Calendrier : inauguré en 1968.

Le R. T. T. a réalisé en 1971 l'installation d'un système restreint de télétransmission de données numériques par lignes directes, qui permet d'évaluer les techniques qui pourraient être appliquées à la création d'un réseau vers le milieu des années 70. Le système aura un débit isochrone de 2,4, 4,8 ou 9,6 kb/s à l'interface de l'abonné. La transmission est bidirectionnelle simultanée et l'on vise à un taux d'erreurs d'une en 10^7 95 p. 100 du temps. Pour atteindre cet objectif, on utilise des répéteurs à réaction pour corriger la forme et le chronométrage des signaux. À la boucle locale on applique une technique de transmission numérique sur quatre fils et des répéteurs à réaction pour les distances supérieures à six milles. Le système radio actuel est doté d'installations de régénération pour la transmission sur les longs parcours.

Calendrier : première étape achevée en 1971.

On trouvera dans cet appendice des précisions sur les réseaux existants et projetés.

1. Au Canada

a) Réseau téléphonique transcanadien (R. T. T.) (1,2)

En plus du Dataphone et du T.W.X., le R. T. T. offre deux services de télétransmission de données dont la tarification est basée sur le temps d'utilisation ou sur le nombre d'appels : les services Multicom à grande et à moyenne vitesse, installés en juin 1970, qui permettent la transmission bidirectionnelle simultanée sur quatre fils, à des vitesses de 19,2, 40,8 ou 50 kb/s, et qui comportent une voie téléphonique complémentaire pour la coordination. Les temps de raccordement d'une extrémité à l'autre du pays ne sont jamais supérieurs à 3,5 secondes.

Le Multicom à grande vitesse est un système à six fils comportant trois centres de commutation, qui sont situés à Montréal, Toronto et Calgary. La voie téléphonique à deux fils se termine sur un distributeur à barres croisées (n° 5) qui, d'autre part, commande un relais matriciel pour connecter la voie de télétransmission de données à quatre fils. Les branchements à large bande sont munis de répéteurs et les câbles couplés sont compensés. La transmission inter-centraux emprunte les lignes T1 et ses terminaux spécialisés ou le réseau à large bande. La transmission est synchrone, mais l'exploitation asynchrone est aussi possible à l'aide d'un appareil spécial, tel le bélinographe, par exemple.

Le Multicom à vitesse moyenne, qui est en exploitation depuis décembre 1970, est un système combiné de transmission de la parole et de données qui permet la transmission bidirectionnelle de données à 2 400 ou 4 800 b/s. Des débits supérieurs seront atteints lorsqu'on disposera de terminaux fiables et économiques. Le temps maximal de raccorde-ment, d'une extrémité à l'autre du pays, est de trois secondes.

Il s'agit d'un service sur quatre fils qui emprunte des lignes d'accès et des liaisons inter-urbaines à fréquence vocale. Conformément à la Prescription 4B (2), le nombre de lignes intermédiaires exploitées en tandem est limité à trois. Les cinq centres de commutation sont situés à Vancouver, Calgary, Winnipeg, Toronto et Montréal (figure 3). Ces centres sont équipés de distributeurs à barres croisées, qui sont des versions modifiées du dispositif 758C de la Western Electric. Les appels sont automatiquement réacheminés si toutes les lignes reliant deux centres sont occupées. Tous les dispositifs 758C sont conçus en fonction du réseau multigrille, tous les centres ayant le même rang à l'intérieur du réseau.

actuelle). Une exploration des futurs concepts de services reposant sur la	technologie existante ou en cours de développement sera toutefois nécessaire	avant qu'un schéma de réseau soit mis au point.
--	--	---

En résumé, il semble que la télétransmission de données soit dans un cercle vicieux : le faible volume de la demande dont font l'objet les services de télétransmission ainsi que les matériels et programmes nécessaires pour les assurer, fait que ces services sont encore très coûteux. Bien sûr, la progression de la demande fera baisser le coût unitaire des terminaux et des raccordements au réseau. Pour avoir un réseau utilisable collectivement et pour éliminer les coûteuses dispositions spéciales, les sociétés exploitantes devront relier leurs installations aux matériels de télétraitement par des interfaces normalisées. Le protocole d'interface peut être différent selon les catégories de trafic (mouvements, transfert massif de données, exploitation en temps partagé) ; mais les terminaux affectés à un usage donné doivent utiliser le même protocole. La normalisation en ce domaine devrait, sans plus tarder, retenir la meilleure attention de l'Organisation internationale de normalisation (I. S. O.) et des organismes nationaux.

5. Conclusions

Nous exposons ci-dessous un certain nombre de conclusions quant à l'évolution prévisible de la télétransmission de données, compte tenu des installations disponibles dans la présente décennie :

- Dans un cadre d'utilisation locale, la télétransmission de données jusqu'à 1 200 b/s ne sera probablement jamais moins coûteuse qu'elle ne l'est actuellement. Le coût des modems, et par conséquent de la transmission à ces débits, ne pourrait être abaissé que par une production massive de ces dispositifs. Si la demande était suffisante, le modem pourrait bien, dès la présente décennie, être compris dans un montage intégré qui permettrait sans doute des économies dont l'importance ne se mesure que d'une manière approximative.
- Pour des débits excédant 2 400 b/s la meilleure solution semble être l'utilisation d'un réseau de distribution entièrement numérique. Pareil réseau n'existe pas. Dans sa conception, il faudra tenir compte des difficultés inhérentes aux modes actuels de télétransmission de données, notamment le coût élevé des installations et de leur entretien, les longs délais de mise en communication, *et cetera*. En outre, le réseau numérique devra pouvoir assurer des services additionnels, par exemple, la commutation des messages.
- Grâce à l'abaissement du coût de la logique numérique, le terminal de l'abonné sera capable de fonctions

logiques plus complexes (il sera plus *intelligent*). Le poste terminal lui-même sera également moins coûteux.

- De petits organes de traitement numérique rempliront des fonctions spécialisées de contrôle à l'intérieur du réseau et des fonctions de raccordement au réseau.
- Les informations recueillies par le Groupe d'étude sur la téléinformatique au Canada indiquent que le trafic de données ne représentera, en 1980, que de 3 à 5 p. 100 de toutes les télécommunications. Les économies d'échelle maximales ne pourront donc être réalisées que par le partage le plus poussé des réseaux de télécommunication.
- Les constructeurs de matériel informatique devront se mettre d'accord sur un protocole de télétransmission et collaborer entre eux ainsi qu'avec les fournisseurs de matériel de télécommunication. Un organe de traitement, spécialement conçu et programmé, ne devrait pas être relié à deux ordinateurs de fabrication différente, comme c'est le cas aujourd'hui. Le normalisation du protocole et des codes résoudrait cette difficulté.

- Les essais en service réel, comme ceux auxquels est soumis le réseau A. R. P. A., et les recherches théoriques doivent se poursuivre si l'on veut établir la viabilité économique de la commutation par lots.
- Lors d'un voyage en Europe en 1971, nous avons constaté que la multiplication rapide des terminaux informatiques, la croissance prévue de la demande de services au cours des années 70 et un réseau téléphonique surchargé exercent de fortes pressions pour que soient construits des réseaux téléinformatiques. En Amérique du Nord, grâce aux solutions de rechange dont on dispose pour la télétransmission de données (Dataphone, Multicom, Broadband), les pressions s'exercent en faveur de réseaux plus économiques et plus faibles plutôt que de la satisfaction de besoins pressants.
- Le présent rapport examine les capacités technologiques de l'avenir et non offerts quand ces capacités seront disponibles. Il ne porte pas non plus sur les nouveaux types de services qui pourraient être fournis avec les capacités existantes (le réseau A. R. P. A., par exemple, fait appel à la technologie

En conséquence, le Canada devra considérer les Etats-Unis comme son principal « interlocuteur » en téléinformatique, le Marché Commun comme le deuxième, les autres régions du globe ayant une importance moindre.

De nombreuses propositions ont été soumises à la considération du C. C. I. T., qui formulera des recommandations pour la création d'un réseau téléinformatique mondial. L'Allemagne propose un réseau asynchrone (48) tandis que la France (64), l'Angleterre (45) et l'A. T. & T. (E.-U.) (7) suggèrent des versions de réseau synchrone légèrement différentes. Aux Etats-Unis, plusieurs autres réseaux, tels Datran (32,28) et M. C. I. (28,29), sont au stade des études.

Comme il est souhaitable que l'utilisateur puisse accéder automatiquement à tous les réseaux étrangers en y appliquant le même protocole qu'au réseau canadien, les sociétés exploitantes de télécommunications devront fournir un grand effort de normalisation pour permettre l'interconnexion. Il semblerait donc plus sûr d'attendre que certains projets de réseaux aient été réalisés avant d'organiser la télétransmission de données; mais comme il faut compter au moins cinq ans pour la conception de l'équipement et la mise en service d'un réseau de télétransmission, toute attente pourrait être jugée inacceptable. D'autre part, une action immédiate pourrait avoir pour conséquence une incompatibilité entre le réseau canadien et les réseaux étrangers. La question doit donc être abordée avec prudence et avec la plus grande vigilance.

Si les incompatibilités sont inévitables, les sociétés exploitantes devront d'abord satisfaire les besoins du Canada et viser ensuite à la plus grande compatibilité possible avec les réseaux américains, puisque la plus grande part du trafic international de données sera dirigée sur ces réseaux.

Si, dans les nouveaux réseaux, la commutation et la télétransmission étaient numériques, et il semble que la tendance actuelle des planificateurs soit en ce sens, l'incompatibilité ne fait déjà plus de doute, à cause des préférences de l'Amérique du Nord et de l'Europe en matière de multiplexage par répartition dans le temps.

On estime que dans les réseaux actuels de télécommunication, la distribution locale absorbe une plus large part des investissements que la commutation et que la transmission permettra de réaliser des économies; jusqu'ici cependant on n'a pas trouvé le moyen de réduire le coût des équipements de distribution.

En Suède (54,63)

- Le trafic de données est actuellement acheminé par le réseau public de téléphonie et par des lignes louées, à l'aide de modems fonctionnant à 200, 600, 1 200 et 2 400 b/s ou 40 kb/s.
 - Un réseau séparé pour la télétransmission de données, comportant trois centraux de commutation, est présentement à l'étude. Des concentrateurs, télécommandés par ces centraux, serviront de liaisons entre abonnés et Le projet de la Suède en matière de synchronisation du réseau et des groupes est semblable au programme britannique.
- En Italie (55)
- Les données peuvent être transmises jusqu'à 2 400 b/s sur des circuits publics à fréquence vocale et jusqu'à 200 b/s sur le réseau Télec. On peut également louer des circuits Télec à large bande dont le débit est de 48 000 b/s.
- Au Japon (55)
- Un réseau commuté de télétransmission de données séparé du réseau téléphonique et fonctionnant à une vitesse maximale de 1 200 b/s devait être mis en service en 1971.
 - La ville de Tokyo s'est récemment dotée d'un service de calcul où des téléphones à clavier Touch-Tone donnent accès à un ordinateur préalablement programmé. La réponse de l'ordinateur est transmise en phonie par un appareil de sortie.

4. Contraintes et limitations

Vu la progression des échanges internationaux et leurs incidences sur l'économie canadienne, les communications d'affaires acquerront de l'importance au cours de la présente décennie. L'accroissement des coûts de main-d'œuvre que subit le monde industrialisé tend à accélérer la mécanisation. Le trafic de données entre ordinateurs et machines comptables suivra donc la même courbe que l'activité commerciale du pays.

Un réseau téléinformatique

e) Microwave Communications Inc. (M. C. I.) (28,29)

Le M. C. I. fournira des services interurbains de lignes directes sur des voies analogiques. Diverses largeurs de bande seront disponibles. Cette société ne s'occupe pas de distribution locale.

Au Royaume-Uni (36,37,43,44,45,55)

• La Poste britannique offre des services de télétransmission de données sur le réseau Télec et sur le réseau téléphonique. Ce sont des services commutés ou de lignes directes. Les débits maximaux sont de 2,4 ou 1,2 kb/s respectivement.

En Allemagne (48,49,55)

• Des services de télétransmission de données sont actuellement disponibles sur le réseau Télec et sur le réseau téléphonique. Le débit maximal du réseau commuté de la Poste est de 1 200 b/s.

En France (64,65).

• Un réseau commuté empruntant des voies spécialement adaptées transmet les données au rythme de 2,4 ou 4,8 kb/s. Le réseau Télec offre des débits atteignant 200 b/s.

• La mise en service du réseau Hermès pour la télétransmission de données numériques est prévue pour 1976. Ce réseau sera probablement intégré au réseau téléphonique M. I. C.

• En 1973, la Poste ajoutera au réseau Télec des centraux de commutation électronique (50,51,52,53). Ces centraux serviront également à la télétransmission commutée de données à des vitesses de 200, 2 400 ou 9 600 b/s.

• En prévision d'une expansion phénoménale de la téléinformatique, on projette l'établissement d'un réseau synchrone pour transmettre les données numériques à des vitesses de 200, 2 400, 9 600 ou 48 000 b/s. Grâce à des commutateurs numériques, la communication sera établie en 100 microsecondes environ. La commutation par lots pourra être offerte si elle est jugée acceptable.

- b) Télécommunications C. N. — C. P. (6)
- Service commuté et mesuré entre terminaux à clavier de faible vitesse, empruntant le réseau Têlex.
 - Service de télétransmission à large bande, commuté et mesuré, empruntant des voies analogiques de quatre fils dont la fréquence varie entre 4 et 48 KHz, comprenant une voie à fréquence vocale pour la coordination.
- Aux États-Unis
- a) American Telephone and Telegraph (A. T. & T.) (97)
- Dataphone — désignation commune de tous les services de télétransmission de données sur le réseau analogique commuté. Les débits disponibles atteignent 50 kb/s.
 - Un réseau numérique de télétransmission de données par lignes directes reliera tout le pays en 1974. Les débits offerts seront de 2,4, 4,8, 9,6 ou 56 kb/s.
- b) Western Union (24,25)
- Tous les services de télétransmission de données actuellement fournis par la Western Union, tels Têlex, Broadband et Information Services Computer System, seront intégrés au réseau COMMP/LANT, qui comportera des voies numériques et analogiques.
- c) Datran (28,32)
- Datran se propose d'offrir, en 1974, des services de télétransmission numérique de données à des vitesses de 4,8, 9,6 ou 14,4 kb/s. Ces services seront commutés ou par lignes directes.
- d) A. R. P. A. (19,20,21,22,23)

L'Advanced Research Project Agency (A. R. P. A.) a installé, à titre expérimental, un système à dix points nodaux utilisant des circuits à large bande pour la télétransmission et de petits ordinateurs pour la commutation des messages à ces points nodaux. Ce réseau est essentiellement de caractère privé.

au temps nécessaire à la transmission d'un bloc limité, de données, d'où exploitation inefficace du réseau. En outre, la largeur de bande utilisée pour les services ci-dessus étant limitée, la plus grande vitesse disponible est de 2 000 b/s. Pour satisfaire certaines de ces demandes, de nouveaux services ont fait leur apparition au Canada : télétransmission à large bande, Multicom et service de régulation des messages par ordinateur (M. S. D. S.). Cependant, comme le trafic de données s'accroît rapidement — certains pays présentent un taux annuel de croissance de 20 à 100 p. 100 — on fait les plans de réseaux qui devront répondre aux besoins de l'avenir.

Nous donnons ci-dessous une brève description des plus récents réseaux de télétransmission de données au Canada et à l'étranger, ainsi que les projets de réseaux futurs. L'appendice contient des renseignements plus détaillés sur certains de ces réseaux.

Au Canada

a) Le Réseau téléphonique transcanadien (R. T. T.) (1,3) :

Le R. T. T. offre déjà ou annonce les services suivants de télétransmission de données :

- Dataphone — où les données sont acheminées par les voies téléphoniques
- Multicom — désignation commune de trois types de services :
 - /) Multicom à petite vitesse, empruntant des voies commutées dont le débit est inférieur à 1 200 b/s, multiplexées sur des lignes interurbaines à fréquence vocale attribuées en exclusivité.
 - ///) Multicom à vitesse moyenne, service commuté et mesuré empruntant des voies analogiques de quatre fils, spécialement adaptées, et une largeur de bande de 4 KHz.
- On annonce la mise en service d'un petit réseau synchrone de télétransmission numérique par lignes privées, dont le débit sera de 2,4, 4,8 ou 9,6 kb/s.
- La commutation ou régulation des messages par ordinateur (M. S. D. S.) est offerte aux abonnés desservis par les lignes privées à branchements multiples ou par le réseau T. W. X. Le débit maximal est de 300 b/s.
- Divers autres services sont également disponibles, dont DATA-FX et les lignes directes.

Tableau 2
Taux d'erreurs

Source	Débit kb/s	Erreurs dans les bits	Longueur des blocs (en bits)	Erreurs dans les blocs	Longueur des circuit	Remarques	Référence
Forces armées E.-U.	4,8	1 * 10 ⁻⁵			1 000 à 5 300 milles	Ligne directe, diffusion troposphérique sur certaines liaisons	31
Bell System	0,3	1 * 10 ⁻⁵ , 95 % du temps	1 000	mieux que			11
	1,2	1 * 10 ⁻⁵ , 82 % du temps	1 000				12
	2,0	1 * 10 ⁻⁵ , 82 % du temps	1 000				
	3,6	plus bas	1 000				
	4 8	plus bas	1 000				
République fédérale d'Allemagne	0,2 1,2 2,4	1,5 * 10 ⁻⁵ 8 * 10 ⁻⁵ 8 * 10 ⁻⁵	1 024 1 025 1 024	4 * 10 ⁻² 2 * 10 ⁻² 1 * 10 ⁻²		Réseau commuté	47
Italie	40,8	10 ⁻⁵ to 10 ⁻⁶	500	10 ⁻⁴ to 10 ⁻⁵	≤ 1 500 km	Ligne directe; variation du taux d'erreurs selon l'heure du jour	65
U. R. S. S.	72	2,4 * 10 ⁻³ à 8,1 * 10 ⁻⁶ moyenne 4,6 * 10 ⁻⁴			1 000 km	Ligne directe	66

Tableau 1
Télétransmission de données sur les voies analogiques à fréquence vocale

Débit b/s	Mode	Procédé de modulation	Application	Facilité d'application	Prix approximatif (en \$ E.-U.)	Commentaires
1 200	2 fils	transposition de fréquence	réseau commuté	facile	\$ 440 — 1 200	bidirectionnelle simultanée jusqu'à 300 b/s ou ligne directe 4 fils)
2 400	2 fils	déphasage	réseau commuté	facile	\$ 2 500	semi-duplex à 4 niveaux (ou duplex total
4 800	2 fils	PSK ou VSB- AM	ligne directe	réalisable	\$ 6 500 — 10 000	4 à 8 niveaux avec dispositif de compensation
9 600	4 fils	VSB-AM ou PSK	ligne directe	un peu difficile	\$ 10 000 — 15 000	8 à 16 niveaux avec dispositif de compensation

Les normes nord-américaines du Bell System et les recommandations du C. C. I. T. T. comportent des dispositions concernant les modems dont le débit peut atteindre 2 400 b/s, de manière à rendre interconnectables les modems de différents fabricants. Pour des débits supérieurs à 2 400 b/s, la normalisation n'existe pas encore et, dans un réseau commuté, les utilisateurs peuvent avoir des modems incompatibles aux deux extrémités d'un circuit de données. Cela peut constituer un problème grave pour la société exploitante et pour les utilisateurs.

Le branchement numérique à quatre fils, par contre, où les données numériques sont transmises sur la bande de base, est capable de débits atteignant 10 000 b/s, mais il faut alors compter un prix de \$1 000 à \$1 500. Pour que le branchement numérique soit rentable, le réseau doit être entièrement numérique. Et si le branchement est plus long que de quatre à six milles, des répéteurs numériques doivent être installés.

f) *Mesures du taux d'erreurs sur les réseaux existants*

L'incidence des déficiences sur la télétransmission numérique de données n'étant pas la même que sur la transmission phonique, plusieurs sociétés de téléphone et de télegraphe ont mesuré le taux d'erreurs sur leurs réseaux. Les résultats des essais auxquels on a soumis le réseau Tèlex se retrouvent dans la bibliographie (35,67,68), et le taux d'erreurs le plus vraisemblable est d'une en 10^5 bits (ou cinq en 10^5 caractères de l'alphabet n° 2 du C. C. I. T. T.).

Pour ce qui est du taux d'erreurs sur le réseau public de téléphone, les résultats ci-dessous ont été fournis par diverses administrations dont les méthodes de mesure étaient aussi proches que possible des directives du C. C. I. T. T. (17). Ces résultats sont résumés au tableau 2.

3. Réseaux existants ou projetés

La première demande de services au public de télétransmission de données a été satisfaite par une extension du réseau Tèlex et du réseau téléphonique commuté. Toutefois, ces réseaux avaient été conçus pour transmettre les communications écrites et parlées avec toutes leurs redondances et ne répondaient pas, quant au taux d'erreurs, aux exigences de la télétransmission de données. Le temps nécessaire à l'établissement de la communication entre deux abonnés, qui est minime en téléphonie, devient très long si on le compare

Les principales déficiences des voies de transmission à fréquence vocale sont connues et servent à établir les spécifications relatives à la qualité de ces voies. Ce sont :

- La distorsion d'affaiblissement (caractéristique d'amplitude)
- La distorsion par retard de propagation
- Le bruit d'impulsion

La conception du réseau, son entretien et la tarification sont fonction de ces spécifications. D'autres paramètres, cependant, qui sont normalement sans importance en phonie et qui, par conséquent, ne figurent pas dans les spécifications relatives aux circuits acoustiques, peuvent influencer fortement sur la télétransmission de données. Ce sont, notamment :

- Le tremblement de phase
- Les variations du temps de réponse aux impulsions
- Les déphasages brusques
- Les impulsions perturbatrices
- Le taux d'erreurs imputables à la société exploitante

Bien qu'il existe une spécification touchant les impulsions perturbatrices, elle est incomplète en ce qu'elle ne tient pas compte du rapport entre la puissance et la durée de l'impulsion. Il n'existe pas, non plus, de méthode généralement adoptée pour introduire l'impulsion perturbatrice comme paramètre dans un modèle de voie. C'est pourquoi ce paramètre figure dans notre deuxième énumération.

La plupart des déficiences du deuxième groupe sont attribuables à l'ancienneté des équipements : le tremblement de phase, le déphasage brusque et l'impulsion perturbatrice sont beaucoup moins prononcés dans les matériels conçus et construits depuis 1965. Cependant, le remplacement des matériels antérieurs à la télétransmission de données demandera du temps et des capitaux.

Vu le grand nombre de voies que comporte le réseau et la nature statistique de ces voies, les normes de rendement s'expriment naturellement en fonction d'une distribution statistique. Il existe une relation étroite entre toutes ces déficiences de voies et les paramètres de performance des modems, comme la vitesse de fonctionnement, le taux d'erreurs et le prix. Tous les types de modems sont donc des solutions de compromis auxquelles on a recours pour minimiser l'incidence des déficiences. (C'est ainsi que les sociétés exploitantes de télécommunications n'ont d'exigences quant au taux d'erreurs, par exemple, qu'à l'égard des modems qu'elles fournissent.) Les préférences quant au procédé de modulation, compte tenu du débit et d'autres paramètres, sont indiquées au tableau 1.

cet appareil devra opérer la conversion analogique-numérique et numérique-analogique pour chaque voie, l'extraction des signaux, le multiplexage des voies au niveau T1, ainsi que la commutation.

Dans un réseau numérique, la commutation numérique reliera des voies équivalentes « numérisées » sans conversion analogique-numérique ou numérique-analogique. Ce type de réseau se prêtera donc très bien à la commutation numérique des circuits de télétransmission de données.

Ces commutateurs numériques seront interconnectés par des liaisons numériques et fonctionneront en C. C. I. S. Bien qu'on travaille actuellement à la mise au point de ces machines, elles ne seront pas en état de fonctionnement avant 1975 et leur mise en service ne se généralisera probablement pas avant 1980.

d) *Distribution*

L'équipement actuel de distribution locale est sûr et relativement peu coûteux à l'unité. Dans l'ensemble d'un réseau de télécommunication, il représente le plus fort pourcentage d'investissement. Diverses autres dispositions, comme le montage en anneau, sont donc à l'étude en vue de réaliser un système de distribution moins coûteux et plus souple, qui se prêterait également à l'acheminement des signaux sur large bande qu'exige, par exemple, la télétransmission visuelle. L'équipement actuel à deux fils a une capacité suffisante pour permettre la télétransmission de données à des débits se situant entre 20 et 50 kb/s, et si l'on met le soin voulu à organiser le service, des débits très supérieurs seront possibles à des coûts plus élevés. Aucune conclusion n'a encore été tirée de ces études quant aux formes possibles d'équipement de distribution, et les effets de tout changement au mode actuel de distribution ne se feront pas sentir avant les années 80.

e) *Télétransmission de données*

Des modem transformant actuellement les signaux numériques produits par un terminal et leur donnant la forme analogique qui convient à la transmission sur le réseau téléphonique. A l'arrivée, c'est encore le modem qui opère la conversion analogique-numérique.

c) *Commuation*

La commutation est ordinairement nécessaire à un point nodal. Cette fonction est aujourd'hui accomplie par une technique dite de répartition dans l'espace. Toutes les voies sont normalement commutées au niveau d'une bande de base analogique, la même voie servant à la communication internodale et à l'acheminement de l'information.

Il faut actuellement compter jusqu'à trente secondes pour que s'établisse la communication sur le réseau téléphonique commuté, délai qu'il faudra réduire si ce réseau doit servir à la télétransmission de données. On vise à obtenir des temps d'établissement de l'ordre de trois secondes. L'une des techniques envisagées consiste à dissocier la commutation internodale et la signalisation de contrôle des canaux d'information, puis à les rattacher à une voie commune. C'est de la signalisation intercentraux par voie commune (C. C. I. S.), dont un exemple est exposé à la Prescription n° 6 du C. C. I. T. T. Malheureusement, les dispositifs de commutation de cette capacité ne seront disponibles qu'en 1975.

L'un des grands désavantages du réseau téléphonique commuté pour la télétransmission de données est une piètre utilisation de la voie lorsque la quantité de données à transmettre est faible et que la durée d'occupation est longue. Cette difficulté peut être surmontée par le stockage de l'information aux points nodaux en attendant la libération de la voie. Un grand nombre de circuits logiques sont dérivés d'un nombre moindre de circuits réels. On peut prévenir le blocage des circuits en stockant l'information numérique jusqu'à ce qu'un circuit soit disponible. Ce mode de commutation suppose qu'un délai d'acheminement variable puisse être toléré. Mais le blocage peut encore se produire s'il y a manque de place en mémoire. Cela ne se produit que si les circuits de départ ne peuvent pas absorber toute l'information que reçoit le poste de commutation. Dans un poste bien aménagé, le phénomène est extrêmement rare et ne se produit que si les circuits de départ sont bloqués (en cas de panne, par exemple).

Un commutateur à mémoire peut fonctionner de deux façons : soit qu'il enregistre et achemine le message entier, soit qu'il le divise en fragments discrets, de longueur invariable, avant de l'acheminer. Dans ce dernier cas, l'information est limitée dans le temps et dans l'espace. Le commutateur passe le fragment de message après un bref intervalle (occupant les places vacantes) ou lorsque l'espace de stockage retenu d'avance est rempli. Le commutateur de messages entiers, au contraire, n'est limité que dans l'espace.

Comme on l'a vu, le multiplexage numérique des voies oriente la création du matériel en fonction du commutateur numérique intégré. Dans un réseau analogique à fréquence vocale,

À l'heure actuelle, les seules installations numériques à transmettre des données sont du type T1. Les modes de transmission sont les suivants :

- !/) En utilisant un modem analogique à fréquence vocale, les données numériques sont d'abord transformées en un signal analogique qui est ensuite contrôlé par échantillonnage, puis acheminé sur le groupe de voies ordinaire (technique utilisable jusqu'à 4 800 b/s). Le rapport entre bits d'information et bits transmis par le circuit T1 (coefficient d'efficacité) est donc de l'ordre de 8 p. 100.
- !!!) Avant la transmission, on procède à l'échantillonnage du signal numérique à un fort débit. Pour limiter la distorsion, chaque bit est contrôlé au moins dix fois. Exemple : le groupe de voies B310/B/317 en modulation par impulsions codées, dans lequel sept voies de télétransmission de données ayant chacune une capacité maximale de 800 b/s correspondent à une voie à fréquence vocale. Le coefficient d'efficacité est ici de l'ordre de 9 p. 100.

Aucun de ces trois modes de transmission n'utilise toute la capacité du réseau. L'utilisation maximale de la ligne (T1) serait évidemment atteinte si l'on pouvait coder chaque bit d'information en un bit unique. Nous pouvons, par conséquent, postuler un autre mode de télétransmission numérique :

- !v) Si chaque bit d'information correspond à un bit unique sur la ligne numérique, le chronométrage du débit doit être absolu, autrement dit tout le système doit être synchronisé sur le débit.

Pour une voie téléphonique en modulation par impulsions codées, sur chaque mot P. C. M. est ici d'environ 85 p. 100. Le huitième bit du mot P. C. M. est affecté à la surveillance du réseau. Pour les débits plus faibles (2,4, 4,8 ou 9,6 kb/s), qui sont les plus courants, on peut utiliser un sous-multiplexeur synchrone. Ainsi, une seule voie téléphonique pourrait comporter vingt voies (2,4 kb/s) au lieu d'une comme en transmission analogique. Comme l'entretien du sous-multiplexeur absorbe une certaine puissance, le coefficient d'efficacité tombe à 75 p. 100.

Le synchronisme entre les lignes numériques sera également indispensable si les données sont transmises selon ce mode sur plusieurs lignes. Le réseau numérique devra être synchrone.

La plupart des systèmes multiplex en usage aujourd'hui sont du type analogique, et ce pour deux raisons historiques. La première c'est qu'au début les signaux à transmettre étaient surtout analogiques (phoniques) et la seconde, que jusqu'à une époque récente la technologie numérique était plus coûteuse. Cependant, avec l'intégration massive de dispositifs de commutation à semi-conducteur non linéaire, la technologie numérique est désormais viable. Les techniques numériques promettent une télétransmission de données moins coûteuse et plus sûre. Des économies semblent réalisables dans la transmission de la voix aussi bien que de données par l'intégration de la puissance de multiplexage et de commutation dans un calculateur numérique commun.

On trouvera à la figure 1 l'échelle des valeurs numériques proposée par la compagnie Bell. Le débit de 1 544 mb/s au plus bas niveau d'interconnexion (DSX-1) est devenu la norme en Amérique du Nord. Le deuxième niveau (DSX-2) a été adopté aux États-Unis, mais pas au Canada. On étudie actuellement les niveaux supérieurs (DSX-3 et DSX-4).

La figure 1 montre aussi les divers types de services que les installations numériques sont aptes à fournir et la manière dont ils s'insèrent dans le système numérique.

Au Canada, les disponibilités en voies numériques se limitent actuellement aux installations du type T1 en modulation par impulsions codées, mais d'autres réalisations sont à l'étude ou au stade du prototype et devraient être disponibles entre 1973 et 1975. La Northern Electric met actuellement au point un câble coaxial au niveau DSX-4, qu'elle appelle le LD-4. Des terminaux radionumériques fonctionnant à 20 et 30 mb/s sont également disponibles (Collins et Marconi, p. ex.), mais n'ont pas encore reçu la licence de fabrication. En outre, des travaux de recherche sont en cours aux Laboratoires Bell-Northern touchant la puissance et les caractéristiques de propagation des systèmes numériques fonctionnant à des fréquences supérieures à 10 GHz.

Dans le cas de l'étoile utilisée dans les télécommunications modernes, les circuits de transmission bidirectionnelle empruntent le même parcours, sous la même gaine. Dans la configuration en anneau, la transmission entre les points nodaux aurait probablement été unidirectionnelle.

Aux niveaux supérieurs du réseau téléphonique, où des systèmes à courant porteur assurent normalement la transmission entre les points nodaux, le montage en étoile est essentiellement maintenu, avec certaines modifications.

Les interconnexions sont permises entre les points nodaux du même niveau ou de niveaux différents, conformément à certains algorithmes, à certaines règles. La configuration en étoile est alors partiellement convertie en un troisième type de montage appelé réseau interconnecté (appendice, figure 5c), (18).

Ces jonctions de croisement transversal préviennent les pannes et l'encombrement aux points nodaux et fournissent des voies de secours pour l'acheminement du trafic. Si l'on choisit l'algorithme approprié et qu'on y conforme l'introduction de jonctions, le réseau général ou les sous-réseaux (réseaux privés, p. ex.) peuvent être agencés de manière à répondre à tous les besoins. Les sous-réseaux fonctionnent ordinairement selon un mode optimal lorsque toutes les jonctions sont réalisées conformément aux mêmes prescriptions.

En ajoutant certains matériels aux points nodaux, on donne une nouvelle dimension à la configuration du réseau, aspect que nous étudierons plus bas.

b) *Télétransmission*

Les signaux transmis sur la bande de base et les circuits qui les véhiculent peuvent être soit continuellement variables (c'est-à-dire analogiques), soit à l'état zéro (c'est-à-dire numériques). Si la classification du signal n'est pas la même que celle du circuit, le signal doit être codé. Dans la modulation par impulsions codées, par exemple, le codeur opère la conversion analogique-numérique du signal. Le modem transpose un signal numérique (ordinairement binaire) en une forme analogique.

Quand le trajet à parcourir est long, il devient plus économique de multiplier sur une fréquence porteuse un certain nombre de signaux transmis sur bande de base, ordinairement par division de fréquences ou par répartition dans le temps.

intérieur et extérieur, des méthodes de communication des programmes, de la composition des fichiers centraux, *et cetera*, permettra l'élaboration d'un réseau unique et homogène. Ainsi, vers la fin des années 70, si le nombre des utilisateurs augmente, le Canada pourrait bien être doté d'un réseau téléinformatique semblable au réseau téléphonique. Comme dans le cas de celui-ci, les fonctions de distribution et de commutation seront les plus onéreuses.

Selon les prévisions relatives à la croissance, de 3 à 5 p. 100 des terminaux de télécommunication serviront, en 1980, à la téléinformatique. Au Royaume-Uni, les prévisions sont à l'effet qu'en 1983, les besoins en services téléinformatiques (en bits-sec.) représenteront environ 5 p. 100 des besoins en services téléphoniques.

2. Considérations sur le réseau de télécommunication

La présente section porte sur les éléments de réseau actuellement disponibles ou projetés. Nous nous attachons en particulier aux éléments qui influent le plus fortement sur la téléinformatique.

a) Configuration

Dans leur forme la plus simple, les réseaux de télécommunication sont montés soit en étoile, soit en anneau. L'équipement actuel est disposé en étoile, l'abonné (au téléphone) étant relié en exclusivité par fil au centre de communication (bureau central). Les principaux avantages de cette disposition sont sa fiabilité (la rupture d'une boucle ne touche qu'un abonné) et la concentration au point nodal du matériel le plus complexe (p. ex., le commutateur à fréquence vocale (appendice, figure 5a).

Dans le réseau monté en anneau (8,9,10,33), la commutation ou le multiplexage de tous les branchements raccordés à l'anneau sont à enroulement distribué. Le poste terminal de l'utilisateur comporte suffisamment d'éléments logiques pour extraire de la ligne commune l'information qui lui est destinée. Evidemment, une défaillance des éléments logiques ou du courant à un poste terminal, ou une rupture de l'anneau, peut avoir des conséquences pour tous les abonnés branchés sur l'anneau. À cause de la complexité du montage en anneau, les postes terminaux coûtent plus cher d'entretien (ou doivent être plus sûrs et, par conséquent, plus coûteux à l'achat) que les terminaux desservis par des circuits en étoile (appendice, figure 5b).

dans cette dernière catégorie qu'elles sont orientées en fonction du « mouvement »
puisqu'une chaque échange de rafales de données entre le calculateur et un terminal rappelle
un mouvement de capitaux (4,5,34).

Les données préliminaires recueillies pour le ministère des Communications par le Groupe
d'étude sur la téléinformatique au Canada indiquent également que les plus forts taux de
croissance sont enregistrés par ces domaines d'application. L'échange de données à vitesse
moyenne dans le télétraitement par lots et les autres services similaires se maintient à des
rythmes raisonnablement constants de 2,4 à 10 kb/s. En ce domaine, le taux de croissance
est moins impressionnant, surtout à cause des prix unitaires relativement élevés du maté-
riel (imprimantes, etc.) qui équipe les stations. Il en coûte souvent moins cher (vu
l'accroissement rapide du rapport bénéfice-coût) d'utiliser, au lieu du poste de commande
avec installations connexes et matériels de télétransmission, un petit dispositif de traite-
ment autonome. Le taux de croissance du télétraitement par lots s'en trouve donc affaibli.

c) *Considérations d'ordre géographique et autres*

La population du Canada est en grande partie concentrée dans un corridor étroit le long
de la frontière des Etats-Unis. Le commerce, les transports et les télécommunications
suivent par conséquent un axe est-ouest et quelques voies affluentes du nord et du sud.
La généralisation des matériels informatiques moins importants et moins coûteux rend
peu probable la réalisation d'un immense réseau de téléinformatique à petite vitesse
s'étendant à tout le pays. Le développement du réseau s'effectuera plutôt en trois étapes,
comme suit :

À mesure que se répandra la téléinfor-
mation, on assistera à des concentra-
tions notables du trafic lents, grâce aux
techniques de multiplexage.
Tout accroissement de trafic aux points
nodaux amènera ensuite une plus grande
concentration de la programmation et des
agencements de multiplexage en parallèle.
La croissance des bases communes de don-
nées nécessitera l'installation aux points
nodaux d'organes autonomes de traite-
ment qui assureront la gestion locale des
bases de données, ne laissant à l'unité
centrale que les travaux occasionnels
(p. ex., le traitement d'énormes quantités
de données).
Enfin, la petite installation locale sera
remplacée par une unité centrale capable
d'assurer un trafic beaucoup plus impor-
tant aussi bien que la gestion d'une base
de données commune.

À l'heure actuelle, il n'existe guère de normes touchant les services informatiques; aussi
le réseau de télétransmission pourrait bien, aux premières étapes de son évolution, n'être
qu'un ensemble de sous-réseaux. La normalisation des programmeries pour traitement

a) *Qu'est-ce que la téléinformatique ?*

Au sens du présent rapport, il faut entendre par téléinformatique la communication entre machines électroniques qui peuvent comporter la gestion des programmes stockés (ordinateurs) ou n'être dotés que de terminaux câblés (téléimprimés ou terminaux à clavier).

b) *Qui a besoin de la téléinformatique ?*

Avant 1960, la télétransmission de données se faisait essentiellement entre machines à clavier, mais on a vu depuis se développer la communication entre ces terminaux et les systèmes informatiques. Les premiers systèmes consistaient en des installations de traitement sur place à l'usage des universités et des grands établissements de recherche, mais les systèmes publics, desservant des clientèles variées, acquièrent de plus en plus d'importance. Le passage du réseau privé au réseau public a également répandu l'usage du réseau téléphonique pour la télétransmission de données (2,35) *.

Presque tout le matériel terminal utilisé dans ces systèmes était déjà en service (p. ex. le téléscripteur) ou représentait une adaptation, selon les besoins de l'utilisateur d'équipement existant. L'évolution des années 70 exigera probablement des terminaux qui ne pourront fonctionner de façon satisfaisante à des vitesses aussi faibles que 30 caractères à la seconde ; avec des terminaux comme les enregistreurs graphiques C. R. T., le débit doit correspondre à une vitesse d'au moins 50 kbits/seconde. Avec les coûts décroissants des éléments logiques et des modules de stockage, il devient concevable que des organes de traitement spécialisés soient intégrés à l'équipement terminal de l'utilisateur.

Cet équipement tend à abaisser la limite supérieure de la capacité de ligne, de sorte que les vitesses de transmission se situeront probablement entre 100 et 10 000 bits/seconde. Le trafic émanant d'un terminal présentera des à-coups, surtout à la limite supérieure, à cause du temps nécessaire à l'utilisateur pour répondre à l'information débitée par le terminal.

En plus du trafic actuellement assuré par les terminaux à clavier, qui sont surtout exploités en temps partagé, les calculateurs et le réseau devront donc être capables de répondre efficacement aux à-coups de ce trafic plus rapide. On dit des applications qui tombent

* Les chiffres entre parenthèses renvoient à la bibliographie.

Introduction

La télétransmission de données n'en est encore qu'à ses débuts au Canada. Certains indices portent cependant à croire que la demande de services s'accroîtra d'ici peu à un rythme accéléré.

L'une des nombreuses difficultés à résoudre consiste à déterminer la forme que devra prendre le réseau reliant les abonnés entre eux. Le présent rapport fait la revue des types de réseaux le plus couramment utilisés ou projetés et compare leurs avantages respectifs. Nous formulons une proposition touchant la forme de réseau la mieux adaptée à diverses contraintes particulières au Canada, tels la géographie, les besoins du pays en téléinformatique, la croissance du trafic et ses modalités.

Nous nous arrêtons à la compatibilité nécessaire avec les réseaux extérieurs. En général, les recommandations précises sont impossibles à cause de l'évolution rapide des projets de réseaux téléinformatiques. Notre rapport contient cependant une revue des projets actuellement à l'étude en Amérique du Nord et en Europe.

Le développement ordonné d'un réseau intégré nécessitera l'entente des fabricants de matériel entre eux et leur collaboration avec les sociétés exploitantes de télécommunications. Cela devrait permettre l'établissement d'un protocole uniforme qui puisse convenir à l'utilisateur.

Ce processus de standardisation et le coût décroissant des éléments de logiques numériques et des éléments de mémoire auront pour effet de réduire le coût des services téléinformatiques et d'accroître la rentabilité des postes terminaux. La généralisation des usages est ainsi assurée.

1. La conjoncture canadienne

Pour éclairer les autres parties du présent rapport, nous tenterons de définir ici les paramètres extérieurs. Comme l'économie, la géographie et l'importance du trafic influencent la forme des réseaux de télécommunication, nous nous attacherons à l'information disponible en ces domaines.

Introduction	1
1	1
La conjoncture canadienne	1
2	2
Considérations sur le réseau de télécommunication	4
3	3
Réseaux existants ou projetés	11
4	4
Contraintes et limitations	17
5	5
Conclusions	19

Appendice	21
Bibliographie	36

12

Un réseau téléinformatique

12

Figure 12
Coûts minima du système



Figure 11
Coûts des moyens

Voir section 5
pour l'interprétation
et l'identification
des chiffres

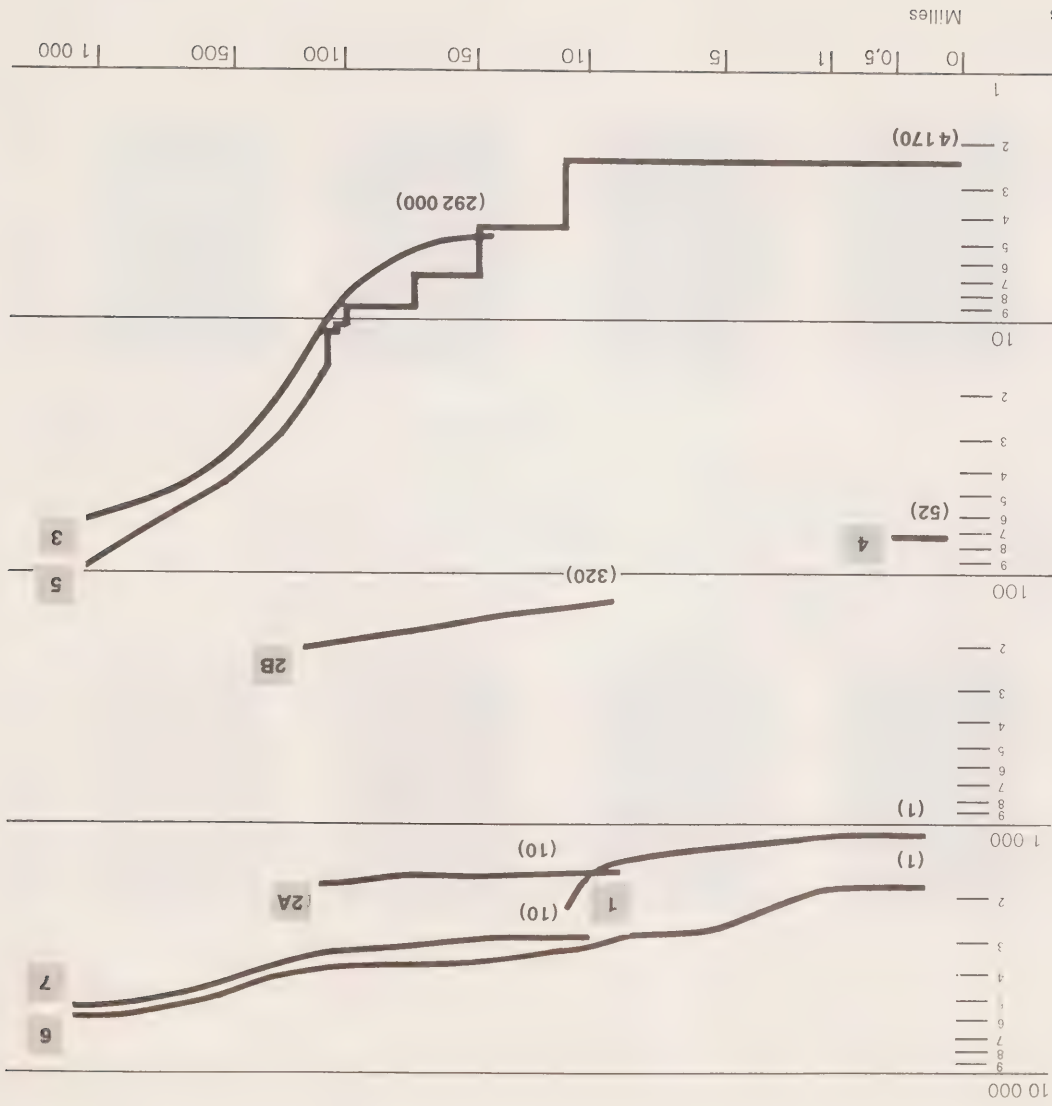
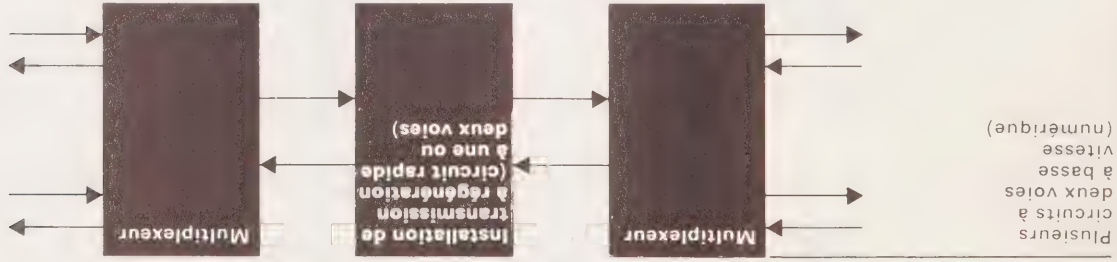


Figure 9
Systèmes multiplexes par partage du temps

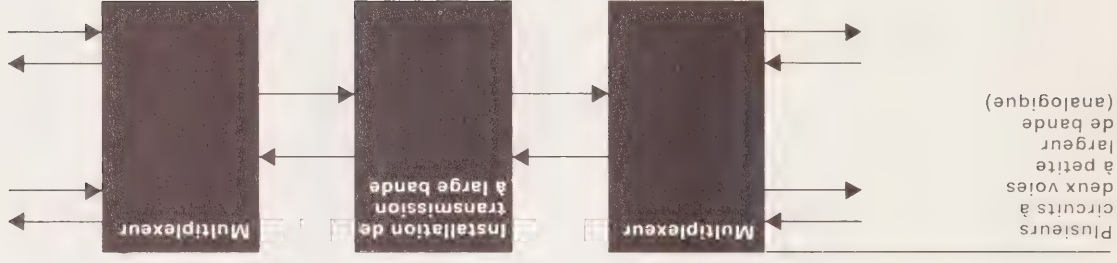


Vitesses de fonctionnement :
On peut le composer pour qu'il fournisse n'importe quelle combinaison; on le considère comme un pur multiplexeur quand la section de haute vitesse peut desservir tous les utilisateurs d'appareils à basse vitesse fonctionnant en même temps à leur

vitesses maximum. S'il y a du blocage dans ces conditions, l'appareil devient un concentrateur plutôt qu'un pur multiplexeur. La possibilité de stocker l'information d'entrée jusqu'à ce que des moyens de sortie soient disponibles lui donne les caractéristiques d'un appareil de stockage et transmission.

Figure 10

Systèmes multiplexes par partage des fréquences



Les largeurs de bandes de fonctionnement peuvent être composées pour fournir n'importe quelle combinaison demandée.

L'astérisque indique la possibilité d'économies d'échelle importantes en combinant les besoins.

Vitesse : jusqu'à 19 mb/s
Distance : jusqu'à 4 000 milles

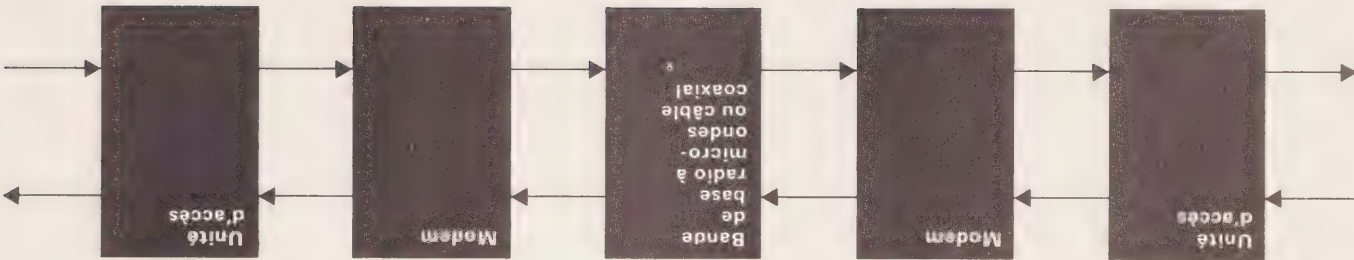


Figure 8
Systèmes à haute vitesse

Vitesse : jusqu'à 48 kb/s
(un dispositif de groupe secondaire comparable peut traiter environ 300 kb/s).
Distance : jusqu'à 4 000 milles

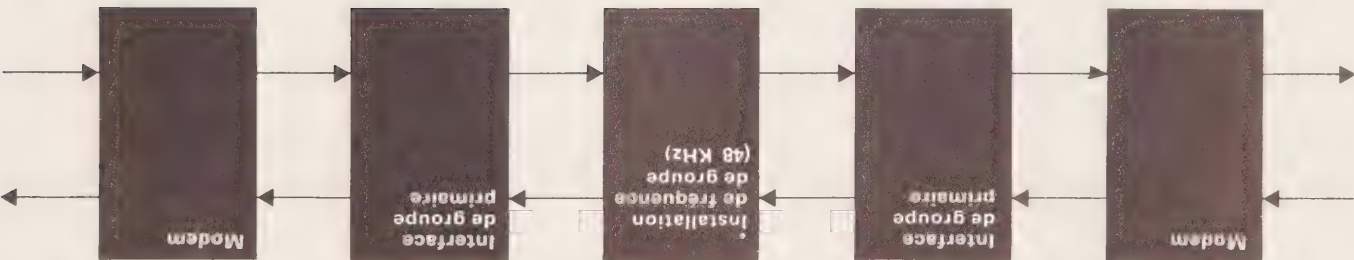
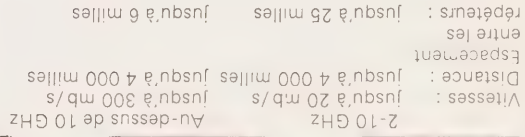
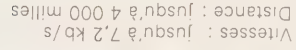


Figure 7
Systèmes à vitesse moyenne

Système radio sur courte distance,
sur distance moyenne et sur grande distance.



Systèmes de transmission sans régénération
(S'il le faut, il est possible d'assurer la régénération)
Systèmes à basse vitesse



L'astérisque indique la possibilité d'économies d'échelle importantes en combinant les besoins.

L'astérisque indique la possibilité d'économies d'échelle importantes en combinant les besoins.

Vitesses : jusqu'à 250 kb/s
 Espacement : environ 0,5 mille
 Distance : généralement impossible à réaliser par répéteur



Figure 4
 Câble sur courte distance

Vitesses : jusqu'à 280 mb/s
 Distance : jusqu'à 4 000 milles
 Espacement : 1,15 mille
 répéteurs : entre les

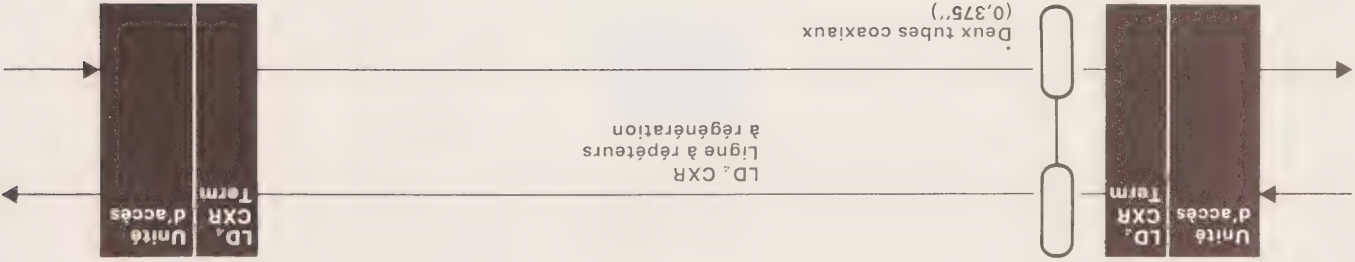


Figure 3
 Câble sur grande distance

Figure 2B
Câble sur distance moyenne

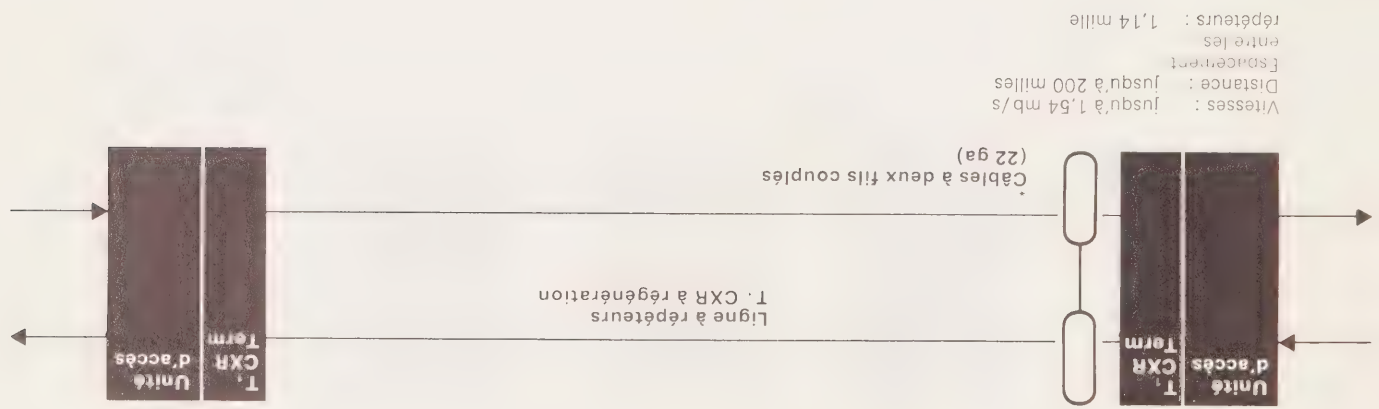
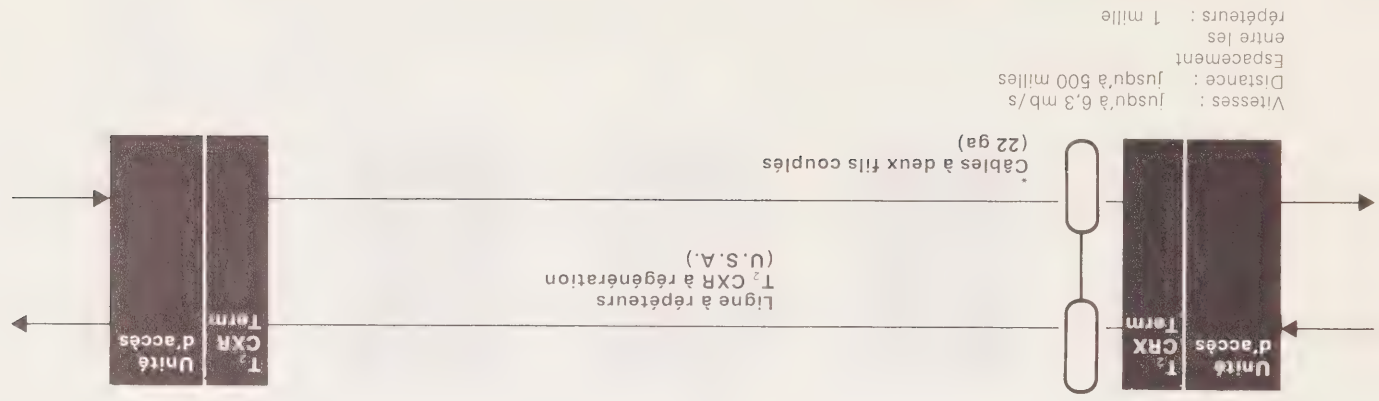
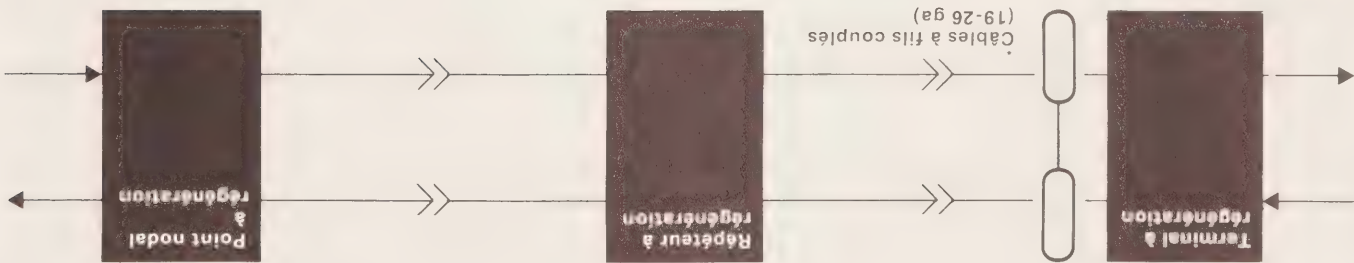


Figure 2C



Les astérisques indiquent la possibilité d'économies d'échelle importantes en combinant les besoins.

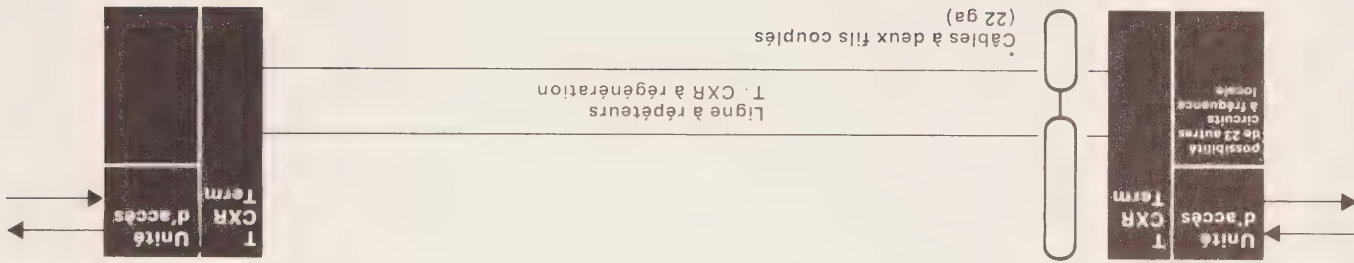
Figure 1
Systèmes de transmission à régénération



Vitesse : jusqu'à 40 kb/s
Distance : 10-15 milles à 4,8 kb/s
Espacement entre les répéteurs : intervalles d'environ 6 milles à 4,8 kb/s

Figure 2A

Câble sur distance moyenne



Vitesse : jusqu'à 48 kb/s
Distance : jusqu'à 200 milles
Espacement entre les répéteurs : 1,14 mille

Les astérisques indiquent la possibilité d'économies d'échelle importantes en combinant les besoins.

Les coûts cités indiquent une moyenne canadienne, même s'ils ne s'appliquent pas partout au Canada ; ils n'illustrent qu'une tendance générale. On peut les évaluer de façon plus précise en étudiant un certain nombre de variations possibles ; nous avons mentionné les plus importantes.

Le prix de revient de l'installation locale de câbles a été établi d'après le coût moyen des câbles aériens, souterrains et des câbles insérés dans des canalisations, et cela compte tenu de leur puissance moyenne respective. Le coût du mille de fil couplé sera cinq fois plus élevé dans le cas d'un câble à faible capacité que dans celui d'un câble plus important (disons 11 paires par opposition à 600 paires).

De la même façon, nous avons établi le coût de l'installation de circuits à longue distance en faisant une moyenne. Le coût par circuit peut être dix fois plus élevé selon que le circuit est ajouté à un élément déjà installé ou qu'il soit nécessaire de composer une nouvelle voie d'acheminement.

La capacité des divers moyens constitue aussi un facteur important. Par exemple, dans le cas des systèmes de grande puissance, le coût par mille par circuit est beaucoup plus bas. Cependant, à moins que tout le potentiel du circuit ne soit utilisé, le coût par circuit en usage peut s'avérer très élevé par comparaison à d'autres solutions.

systèmes optiques conviendront. On estime cependant que les systèmes de câbles de fils couplés répondront à la plupart des besoins de la façon la plus économique.

L'avantage des systèmes de distribution par câbles coaxiaux réside dans leur grande puissance; dans le cas de demandes de liaisons entre points fixes, au-dessus de 6,3 mb/s, ils pourraient bien se révéler supérieurs aux systèmes à micro-ondes et aux systèmes optiques. L'installation d'un système de distribution multipoints à grande capacité par câbles coaxiaux mérite d'être étudiée dans les cas où il faut faire face à des besoins individuels au-dessus de 6,3 mb/s. Pareil système présente, pour les utilisateurs, une grande flexibilité sur le plan du débit et du volume, et l'importance de son utilisation dépendra des réductions futures des coûts du matériel et de la programmation de contrôle. En attendant, les systèmes de câbles de fils couplés semblent généralement plus économiques au-dessus de 6,3 mb/s.

Les systèmes à radiations auront sûrement un rôle à jouer dans le transport des gros volumes. Dans certains environnements, il sera plus économique de transmettre les volumes importants sur de courtes distances par systèmes optiques. Les systèmes à micro-ondes répondront aux besoins là où il faudra des systèmes à grande capacité sur de longues distances.

Une généralisation plus poussée ne servirait à rien, car il est nécessaire dans chaque cas d'examiner les possibilités de tous les moyens disponibles si l'on veut optimiser le rendement du système entier. Le seul principe vraiment général est le suivant : la combinaison des besoins permet d'augmenter le trafic et d'exploiter les circuits de la façon la plus économique et la plus viable; il faudrait envisager cette solution dans tous les cas où elle serait réalisable.

5. Coûts des moyens — Notes supplémentaires

Le prix de revient du multiplexage n'a pas encore été établi, car il varie beaucoup selon les configurations. En gros, un coût annuel approximatif de \$ 5 200 par terminal serait raisonnable.

Les figures 2c et 8 n'indiquent aucun coût; c'est que nous n'avons aucune expérience de ces systèmes au Canada. En principe, leurs coûts correspondent sûrement à ceux que l'on trouve aux figures 2b et 7 respectivement, mais ces systèmes offrent un plus grand potentiel compte tenu des réductions correspondantes du coût par circuit.

Les normes d'attribution des fréquences aux systèmes à radiations varient selon l'environnement. S'il complique le développement optimal d'une structure, les frais seront inévitablement plus élevés.

S'il est, en outre, des exigences particulières de fiabilité, le coût se haussera, spécialement dans le cas des systèmes par radiations où la longueur des voies de transmission et l'installation de canaux de protection risquent de rendre les coûts prohibitifs si l'on dépasse un certain point. À cela s'ajoute la nécessité de réduire la longueur des voies de transmission des systèmes de radiation de plus de 10 GHz dans les régions exposées aux grosses pluies, à la neige et au brouillard.

Il faut également considérer le besoin de transmission asymétrique. La meilleure installation de transmission peut ne pas être la même dans les deux sens et l'objectif sera généralement d'optimiser tout le système.

Il faut aussi considérer les avantages liés à la durabilité et au rendement à long terme pouvant découler de la diversité des circuits et des moyens utilisés. Si le volume des demandes est assez élevé, on peut diversifier l'équipement sans trop de frais. Cela fournit une meilleure protection en cas de pannes très graves, lesquelles sont susceptibles de se produire n'importe où et quels que soient les moyens.

4. Sommaire

Chaque type de moyens compte ses avantages économiques sur le plan du débit, du volume, de la distance ou de l'environnement. Le seul facteur dont l'effet soit marqué et constant sur le coût des installations de transmission, c'est la mesure dans laquelle le volume d'installation de l'installation peut être augmenté. Les installations de transmission sont plus économiques si le volume est important, et, plus une structure donnée est utilisée, moins le coût des circuits est élevé.

Nous avons déterminé les moyens susceptibles de répondre à toutes les exigences relatives à la vitesse, au volume et à la distance. Comme nous l'avons vu, les exigences peuvent varier selon les cas. Il est cependant raisonnable de présumer que les utilisateurs voudront transmettre leurs données à des débits inférieurs à 50 kb/s, et à des distances de moins de 10 milles; les volumes auxquels on peut s'attendre dans chaque segment du réseau de transmission ne peuvent être déterminés à l'heure actuelle. Quels que soient les impératifs particuliers, les câbles de fils couplés, les câbles coaxiaux, les systèmes à micro-ondes ou les

d'installation). Tout équipement entraîne un ensemble de frais annuels qui dépendent des particularités du milieu, notamment de la situation géographique et des installations initiales — à l'exclusion des frais secondaires ou additionnels. Ces frais augmenteront si les divers fournisseurs ne peuvent plus installer ou entretenir le matériel selon les mêmes conditions. Les données seront plus précises si l'on dresse un relevé général des frais de chaque moyen et si l'on détermine les variations du milieu susceptibles de modifier le coût des installations. La partie 5 et les figures 11 et 12 de l'appendice indiquent le rapport entre les frais annuels unitaires, la distance et la capacité, selon les divers systèmes de transmission envisagés.

Ces données sur la capacité et le coût permettent d'évaluer de façon générale les avantages respectifs de chaque moyen en ce qui a trait à la transmission de volumes divers selon le débit et la distance. Toutefois, comme nous l'avons vu précédemment, la situation changera en fonction des milieux. Voici certaines des conditions les plus importantes auxquelles il faut satisfaire pour assurer les meilleurs résultats possibles.

Ce qu'il en coûte pour faire passer un circuit (télétransmission de données 4,8 kb/s, circuit téléphonique ou autre) par un support de transmission quelconque est inversement proportionnel au volume des unités empruntant le support de transmission en question. C'est particulièrement vrai pour les circuits à faible volume, car il est, presque à coup sûr, beaucoup plus coûteux de répondre à un besoin unique de faible volume que d'ajouter ce besoin à d'autres besoins existants ou de le combiner avec de nouveaux besoins. Il faudra donc envisager toutes les combinaisons possibles.

À ce premier facteur s'ajoute l'évolution prévisible du taux de croissance. Toutes choses étant égales, les systèmes dont l'installation coûtera le moins cher seront généralement avantageux là où le taux de croissance sera faible et vice versa.

Le terrain à traverser influera sur le coût des divers moyens mis en œuvre. Dans certains cas, il peut coûter cher d'installer un câble entre les villes à cause du terrain. Cela peut être important même si la distance est inférieure à 30 milles, car le passage d'un terrain sablonneux à un terrain rocheux peut doubler les frais. L'installation de systèmes de câbles dans le périmètre des villes canadiennes ne semble pas présenter de véritables problèmes. Toutefois, les systèmes à radiations peuvent entraîner des coûts élevés dans les secteurs métropolitains où l'obstruction des signaux est fréquente.

nous considérerons que la transmission bidirectionnelle, la synchronisation et la rapidité du temps de réponse constituent les impératifs fondamentaux ; les autres caractéristiques restent secondaires ou exceptionnelles. De même, il ne semble pas nécessaire d'analyser chaque moyen en fonction de la sécurité qu'il offre. Les supports d'information non radiants offrent généralement une meilleure sécurité que les supports à radiation et les systèmes multiples présentent le même avantage sur les systèmes non multiples. Toutefois, tous ces systèmes peuvent être assistés, au besoin, par des dispositifs de sécurité supplémentaires. Également, il n'est pas nécessaire de tenir compte de la fidélité de la reproduction du signal d'entrée vu que tout l'équipement considéré peut être conçu de façon à répondre aux normes en vigueur, quelles qu'elles soient.

D'autres critères peuvent influer dans une large mesure sur le choix des moyens destinés à répondre à un besoin particulier. Ce sont : la fréquence des signaux, le volume du trafic et la distance entre les interfaces. Lorsque nous avons étudié les besoins de l'utilisateur, nous avons établi que la fréquence des signaux pourrait s'élever à 50 mb/s, mais que nous manquions de renseignements précis quant aux distances et aux volumes. Nous proposons donc d'étudier les divers types de moyens capables de transmettre des signaux numériques à des fréquences allant jusqu'à 50 mb/s sur des distances pouvant atteindre 500 milles. L'appendice comporte un schéma général des divers systèmes de cette catégorie. Chacun peut être installé seul ou en série, selon les besoins. Tout cet équipement est actuellement disponible, ou le sera d'ici quatre ans, à l'exception peut-être de certains systèmes micro-ondes à régénération de très grande capacité et de certaines unités d'accès à régénération à très hautes fréquences. Toutefois, l'état actuel de la technique permet de fabriquer ces dispositifs ; sans doute, le seront-ils si les besoins le justifient. Outre les unités fonctionnelles illustrées, il faudra normalement prévoir des dispositifs d'interface aux terminaux afin de réunir les conditions nécessaires à la télétransmission de données.

Avec les dispositifs de multiplexage, le débit et le volume vont de pair ; aussi a-t-on indiqué le débit maximum de chaque système. Au besoin, il est alors facile de le réduire au multiple d'un débit inférieur. De même, on peut multiplier le nombre de systèmes de transmission prévus pour les adapter au volume de trafic. Souvent, il est possible de combiner les besoins et de réaliser des économies d'échelle importantes ; nous les indiquons dans les tableaux par des astérisques ; elles sont possibles, par exemple, lorsqu'on utilise, en temps partagé, des câbles à capacité multiple et des structures à courants porteurs et à micro-ondes porteurs.

L'autre caractéristique importante d'un équipement est son coût (nous tiendrons compte des frais annuels, car ils représentent mieux la charge financière globale que les seuls frais

En général, le réseau local doit pouvoir reproduire le signal transmis par l'utilisateur au point nodal périphérique dans sa forme originale. Il est des exceptions à cette règle lorsqu'on utilise des canaux de signalisation séparés et lorsque, en même temps, il est préférable de commuter et de transmettre un signal sous forme codée et de le reproduire sous sa forme originale au point d'arrivée. Cette situation serait peu fréquente et, règle générale, le signal de l'utilisateur devra présenter au point nodal périphérique les mêmes caractéristiques qu'au terminal de l'utilisateur. Une fois la structure d'un réseau de téléinformatique déterminée, on devra étudier la validité de cette hypothèse et modifier au besoin le réseau de distribution locale.

3. Choix des moyens intéressant les installations locales

Le réseau de distribution locale doit pouvoir recevoir un signal à l'interface d'entrée et le reproduire à l'interface de sortie dans le délai prescrit. Selon notre définition, le signal est constitué par n'importe quel débit numérique (en bits) allant jusqu'à 50 mb/s et les interfaces sont le terminal de l'utilisateur et le point nodal périphérique du réseau téléinformatique général.

L'opération de transmission intermédiaire peut se faire par un simple conditionnement du support d'information visant à conserver autant que possible le signal dans son état original. Par ailleurs, il peut comprendre les divers systèmes de conversion comme la régénération, numérique-analogique, analogique-numérique, multiplexage par partage du temps, multiplexage par partage des fréquences, de même que des dispositifs de commutation des messages. De la même façon, les supports de transmission pourraient inclure n'importe quel élément dont une simple paire de fils, des câbles coaxiaux, des systèmes à micro-ondes radio portables ou de systèmes sous-optiques ou optiques.

Une fois le principe de base accepté et les critères relatifs à la fidélité et au temps de transit du signal établis, le choix des moyens sera déterminé par la distance, la vitesse du signal, le volume du trafic, la « directionnalité » et la sécurité requise par l'utilisation. Lorsqu'on dressera des plans pour un projet précis, on déterminera quelle est la solution la plus économique d'après les besoins de l'utilisateur en question et les besoins actuels et futurs des autres utilisateurs. Pour avoir une meilleure vue d'ensemble, il importe d'aborder cette question d'une façon très générale.

Vu les nombreuses variables que présenteront les divers paramètres, il vaut mieux simplifier les choses et concentrer notre attention sur les aspects les plus importants. Par conséquent,

1. Caractéristiques des terminaux des utilisateurs

À l'heure actuelle, les appareils terminaux des ordinateurs fonctionnent à des vitesses allant de 100 b/s à 50 kb/s, mais pour la plupart à des vitesses inférieures, à 2,4 kb/s. Nous ne connaissons pas encore exactement les besoins futurs, mais il faut s'attendre à des volumes plus forts et à de plus grandes exigences pour transmettre les signaux de télévision en couleur de l'ordre de 50 mb/s sont nécessaires pour transmettre les signaux de télévision en couleur et il est possible que les systèmes généraux de téléinformatique de l'avenir soient appelés à répondre à cette exigence. Nous considérons donc les situations où seront exigées des vitesses allant jusqu'à 50 mb/s, mais nous porterons une attention spéciale à celles qui supposent des vitesses inférieures à 50 kb/s, lesquelles, semble-t-il, prévaudront au cours de la prochaine décennie.

En plus de la vitesse requise par les utilisateurs, voici les autres facteurs qui déterminent le choix d'un support de communication locale :

- Distance entre le terminal et le point nodal périphérique ;
- Nécessité d'une exploitation bidirectionnelle ;
- Besoin de synchronisation ;
- Besoin d'un temps de réponse rapide ;
- Volume du trafic et répartition du temps ;
- Longueur des messages ou transactions.

On doit tenir compte des trois derniers facteurs dans le cas où plusieurs utilisateurs se partagent la même installation de transmission locale.

2. Le réseau général de téléinformatique

Nous ne savons pas encore quelle sorte de réseau général de téléinformatique nous allons adopter et les choix sont nombreux. Toutefois, si nous examinons la fonction d'un point nodal périphérique dans un réseau de communication, nous pourrions établir quels effets ses caractéristiques auront probablement sur le réseau de distribution locale.

Par définition, le point nodal périphérique est le premier point d'interconnexion où les divers utilisateurs du réseau ont la possibilité d'interaction. Pour déterminer ce qu'il faut faire des renseignements fournis par l'utilisateur, le point nodal périphérique doit enregistrer au moins une partie du message venant de l'utilisateur dans la forme sous laquelle il a été émis.

Introduction

La présente étude vise à déterminer et à apprécier les divers moyens de liaison entre les terminaux de télétransmission numérique des utilisateurs et le point d'interconnexion d'un réseau général de téléinformatique.

Grandes lignes de l'étude : Le réseau de télétransmission locale relie le terminal de l'utilisateur au point nodal périphérique du réseau général de téléinformatique. Le fonctionnement optimal du système dépendra de la distance entre l'utilisateur et les points nodaux périphériques, elle pourrait aller jusqu'à 500 milles. La présente étude porte sur les besoins de l'utilisateur et les conditions au point nodal périphérique du réseau général de téléinformatique. Nous tentons de déterminer les paramètres auxquels le réseau local de distribution devra satisfaire. Nous examinerons ensuite les techniques et les moyens qui seraient conformes à ces paramètres ainsi que leurs caractéristiques afin d'évaluer leurs avantages respectifs selon les circonstances et le milieu.

Introduction	1
Caractéristiques des terminaux des utilisateurs	2
Le réseau général de téléinformatique	2
Choix des moyens intéressant les installations locales	3
Sommaire	6
Coûts des moyens — Notes supplémentaires	7
Appendice	9

Les installations locales





sept
times

Collection «ÉTUDES»	
Travaux de recherches faits à l'appui du rapport du Groupe d'étude sur la téléinformatique au Canada, intitulé <i>L'Arbre de vie</i>	
Déjà parus	
Volume 1	
1 Le secteur de la fourniture des produits et services informatiques	
par George R. Forsyth et Brian Owen	
Volume 2	
2 Expérience de gestion scolaire dans le comté de Peel	
par Lyman Richardson	
3 L'activité téléinformatique dans les universités canadiennes	
par le G. E. T. C.	
Volume 3	
4 Le télécablé et la rétroaction du citoyen avec le gouvernement	
par Jean-Michel Guité	
Volume 4	
5 Choix politiques qui s'offrent au Canada en matière de téléinformatique	
par H. M. Lipinski et A. J. Lipinski	
6 Nos options stratégiques	
par Hayward Computer Corporation Ltd.	
Volume 5	
7 Enquête du Canadian DataSystems, par le Service de recherches de Maclean-Hunter	
8 Analyse du secteur informatique canadien	
par F. T. White	
9 La place de l'informatique dans l'entreprise canadienne	
par la Chambre de commerce et le G. E. T. C.	
10 La place de l'informatique dans l'industrie pétrolière à Calgary	
par Canuck Survey Systems Ltd.	
Volume 6	
11 Les installations locales	
par J. Worrall	
12 Un réseau téléinformatique	
par O. Rimi	
13 Normes	
par le G. E. T. C.	
14 Les aspects technologiques de la téléinformatique	
A paraître	
Volume 7	
15 L'informatique et les télécommunications dans le secteur privé au Canada	
par le G. E. T. C.	
16 La télétransmission de données	
par le G. E. T. C.	

Conception graphique de la couverture,
des figures et des tableaux :
Gilles Robert + associés inc.
Révision et conception de la publication :
Pamela Fry et Fernand Doré

Ces études ont été effectuées pour le compte du Groupe d'étude sur la téléinformatique au Canada. Leurs conclusions ne sont pas nécessairement celles du ministère des Communications ni du Gouvernement du Canada. Elles n'indiquent aucunement les orientations politiques à venir.

© Droits de la Couronne réservés
En vente chez Information Canada à Ottawa, K1A 0S9
et dans les librairies d'Information Canada:

HALIFAX
1683, rue Barrington

MONTREAL
640 ouest, rue Ste-Catherine

OTTAWA
171, rue Slater

TORONTO
221, rue Yonge

WINNIPEG
393, avenue Portage

VANCOUVER
800, rue Granville

ou chez votre libraire.

Prix: \$3.25
N° de catalogue C022-5/6-11/14

Prix sujet à changement sans avis préalable

Information Canada
Ottawa, 1974

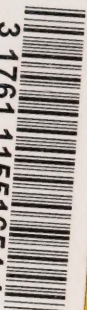


Les installations locales

Un réseau téléinformatique

Normes

Les aspects technologiques
de la téléinformatique



3 1761 11551654 4